

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení - 338**

**Návrh pneumatického chapadla pro stříhání pinů  
součástek**

**Design of Pneumatic Gripper for Pin Parts Cutting**

**Student:**

**Jan Hanák**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**Ing. Miloslav Žáček**

**Ostrava 2010**

# **Zadání bakalářské práce**

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen“VŠB-TUO“), má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Jan Hanák

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Zbořisko č. 583

687 37, Polešovice

Česká republika

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

HANÁK, J. *Návrh pneumatického chapadla pro stříhání pinů součástek: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2010, 45s. Vedoucí práce: Ing. Žáček, M.

Moje bakalářská práce, se zabývá návrhem pneumatického mechanismu pro stříhání pinů. V úvodu je obecně pojednáno o pneumatických mechanismech, jejich výhodách a nevýhodách. Další kapitoly jsou věnovány teorii stříhání a návrhům geometrie vhodného typu stříhadel, včetně nezbytných konstrukčních výpočtů. Dále jsou představeny dvě paralelní úchopné hlavice a jejich základní konstrukční a pracovní parametry. Z nich je následně vybrána jedna, a použita v navrženém pneumatickém obvodu, který je zobrazen ve schématu. V příloze je na dispozičním výkrese vyrýsován úplný návrh stříhacího přípravku. V závěru práce uvádím technický popis zvoleného řešení zařízení a pokyny pro jeho bezpečné provozování a údržbu.

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

HANÁK, J. *Design of Pneumatic Gripper for Pin Parts Cutting: bachelor thesis*. Ostrava: VŠB-Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydrodynamics and Hydraulic Equipment, 2010, 45 p. Thesis supervisor: Ing. Žáček, M.

My bachelor thesis deals with the design of a pneumatic mechanism for pin cutting. The introduction summarizes pneumatic mechanisms and their advantages and disadvantages in general. The following chapters focus on the theory of cutting and on the designs of suitable types of the cutter, including necessary construction calculations. Two parallel grippers and their basic construction and working parameters are then introduced as well. Consequently, one of the grippers is selected and used in the designed pneumatic circuit, which is drawn in the design sketch. The appendix consists of a disposition drawing with a complete design of the cutting part. The final parts of the thesis describe the selected solution technically and also give safety instructions for its use and maintenance.

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Miloslavu Žáčkovi, prof. Jiřímu Hrubému, prof. Jiřímu Petruželkovi a Ing. Zdenku Klosovi za laskavou pomoc, cenné připomínky, podněty a rady, při tvorbě této bakalářské práce.

Poděkování rovněž právem náleží mé rodině, za trpělivost, pochopení a vytvoření skvělých studijních podmínek.

## Obsah bakalářské práce

Seznam použitého označení a symbolů .....	9
Úvod .....	12
1. Teoretický úvod .....	13
1.1 Pneumatické mechanismy .....	13
1.2 Výhody a nevýhody pneumatických mechanismů .....	13
2. Základy technologie stříhání .....	15
2.1 Střížný proces .....	16
2.2 Střížná plocha .....	19
2.3 Velikost střížné mezery .....	19
3. Návrh konstrukčního řešení stříhacího mechanismu .....	22
3.1 Návrhy použitelných profilů stříhadel a jejich geometrie .....	22
3.1.1 Stříhadla s rovnoběžnými břity .....	23
3.1.2 Stříhadla s šikmými břity .....	24
3.1.3 Stříhadla s půlkruhovým výřezem břitů .....	25
3.1.4 Stříhadla s trojúhelníkovým výřezem břitů .....	25
3.2 Životnost stříhadel .....	26
3.3 Výpočet střížných sil .....	28
3.4 Dimenzování šroubového spoje pro stříhadlo a nástavec .....	29
4. Výběr optimální úchopné hlavice .....	37
4.1 Úchopná hlavice s paralelním pohybem čelistí řady MHZ2 .....	38
4.2 Úchopná hlavice s paralelním pohybem čelistí řady HGP .....	41
5. Specifikace prvků pneumatického obvodu .....	43
5.1 Popis funkce pneumatického obvodu .....	46

6. Pokyny pro provozování a údržbu pneumatického systému .....	47
6.1 Základní pokyny pro montáž, provoz a údržbu pneumatického systému..	47
6.2 Bezpečnostní předpisy pro práci se stlačeným vzduchem .....	48
6.3 Bezpečnostní podmínky pro úchopné hlavice .....	48
6.4 Provozní podmínky pro ventily .....	49
6.5 Provozní podmínky pro použití nástrčných spojek a hadic .....	50
6.6 Ostření stříhadel .....	51
7. Technický popis zvoleného řešení .....	52
8. Závěr .....	54
9. Seznam použitých zdrojů .....	55
10. Seznam příloh .....	56



## Seznam použitého označení a symbolů

$D$	průměr hlavy šroubu	[mm]
$D_H$	vnější průměr hadice	[mm]
$F_A; F_B$	síly zatěžující šrouby	[N]
$F_H$	úchopná síla	[N]
$F_O$	osová síla ve šroubu	[N]
$F_P^\perp$	provozní příčná síla	[N]
$F_R$	reakční síla na sílu střižnou	[N]
$F_S; F_{S1}; F_{S2}$	střižná síla	[N]
$F_T$	třecí síla	[N]
$H$	vyosení (vyložení)	[mm]
$L$	vzdálenost bodu uchopení	[mm]
$L_C$	délka čelisti	[mm]
$L_S$	maximální vysunutí stříhadla	[mm]
$L'$	rameno stříhadla	[mm]
$M_R$	ohybový moment	[Nm]
$M_{TM}$	třecí moment pod hlavou šroubu	[Nm]
$M_{TZ}$	třecí moment v závitech	[Nm]
$M_U$	utahovací moment šroubu	[Nm]
$P$	rozteč závitu	[mm]
$P_h$	stoupání závitu	[mm]
$R$	poloměr střižné hrany	[mm]
$R_e$	mez kluzu	[MPa]
$S_1; S_2$	střižná plocha	[mm <sup>2</sup> ]

$a$	vzdálenost mezi šrouby	[mm]
$c$	součinitel závislý na stupni stříhu	[-]
$d$	velký průměr závitu	[mm]
$d_2$	střední průměr závitu	[mm]
$d_3$	malý průměr závitu	[mm]
$d_N$	průměr díry nástavce	[mm]
$d_H$	vnitřní průměr hadice	[mm]
$d_S; d_{S1}; d_{S2}$	průměr stříhaného drátu	[mm]
$f$	součinitel smykového tření mezi kontaktními plochami	[-]
$f_M$	součinitel smykového tření pod hlavou šroubu	[-]
$f_z$	součinitel smykového tření na závitu	[-]
$h$	šířka stříhadel	[mm]
$k$	součinitel bezpečnosti proti prokluzu	[-]
$k_S$	součinitel statické bezpečnosti šroubových spojů	[-]
$k_S'$	střížný odpor	[MPa]
$m; m_1; m_2$	střížná mezera	[mm]
$n$	tloušťka břitů stříhadel	[mm]
$r$	rádus	[mm]
$t$	tloušťka ramen stříhadel	[mm]
$v; v_1; v_2$	střížná vůle	[mm]
$x$	vzdálenost bodu uchopení	[mm]
$x_c$	délka čelisti	[mm]
$x_S$	maximální vysunutí stříhadla	[mm]
$\alpha_Z$	úhel profilu závitu	[°]

$\alpha$	úhel klínu břitu	[°]
$\beta$	úhel sklonu břitu	[°]
$\beta_k$	součinitel přídavného krutu	[-]
$\gamma$	úhel střížné hrany	[°]
$\sigma_t$	napětí šroubu v tahu	[MPa]
$\sigma_{DOVt}$	dovolené napětí šroubu v tahu	[MPa]
$\sigma_{red}$	redukované napětí dle Guesta	[MPa]
$\varphi'$	redukovaný třecí úhel závitu	[°]
$\psi$	úhel stoupání závitu	[°]
$\tau$	napětí šroubu v krutu	[MPa]
$\tau_{PS}$	pevnost ve stříhu	[MPa]

## Úvod

Cíl této bakalářské práce představuje navržení přípravku pro stříhání vývodů dvou elektrotechnických součástek, kterými jsou elektrolytický kondenzátor a relé. Tyto součástky jsou osazeny do desky plošného spoje. Návrh tohoto přípravku zahrnuje jak volbu vhodné úchopné hlavice, její uchycení k pevnému pultu (podložce), tak i návrh a dimenzování použitelných profilů čelistí a schéma pneumatického obvodu s podrobnou specifikací prvků. Podrobnější charakteristika zpracovávaného problému je obsažena v zadání bakalářské práce.

Navržený přípravek pracuje na bázi pneumatického poloautomatu, jehož obecný princip je běžně využíván v malosériové výrobě mnoha českých firem, tzv. „montoven“ a je obsluhován jedním pracovníkem. Protože strojní stříhání je z hlediska bezpečnosti proces rizikový, bylo nezbytné brát zřetel nejen na efektivitu práce, ale i na bezpečnost obsluhy samotné.

Následující části práce jsou věnovány konkrétním dílčím úkolům, které zahrnují jak teoretickou část, zpracovávající technologii stříhání, tak i potřebné výpočty nutné k dimenzování úchopných hlavic, střížných čelistí a výběru potřebných pneumatických prvků obvodu.

# 1. Teoretický úvod

## 1.1 Pneumatické mechanismy

Pneumatické mechanismy, jsou vedle mechanismů hydraulických, elektrických a tuhých, významným prostředkem, uplatňujícím se při konstrukci nejrůznějších strojů a výrobních zařízení. V porovnání s jinými mechanismy mají řadu výhod a i přes rostoucí trend modernizace a elektronizace hydraulických mechanismů, má jejich výroba vzestupnou tendenci. Pneumatické mechanismy mohou být aplikovány v rozmanité šíři odvětví, např. při konstrukci výrobních strojů ve strojírenství, strojů pro báňský a metalurgický průmysl, robotů, manipulačních a dopravních zařízení, a v neposlední řadě jako součásti balících a montážních linek. [11]

## 1.2 Výhody a nevýhody pneumatických mechanismů

Neustále se rozšiřující aplikace pneumatických mechanismů při konstrukci moderních a výkonných strojů a zařízení, svědčí o řadě jejich výhod a předností před mechanismy hydraulickými, elektrickými a tuhými. Mezi nejdůležitější výhody, jak v oblasti konstrukční, tak i provozní, můžeme zařadit dle [11] tyto:

- výroba stlačeného vzduchu v průmyslových závodech je zpravidla centrální, s možností dobré účinnosti a zabezpečení jeho požadované jakosti.
- rozvod stlačeného vzduchu je realizován jediným vodičem (trubky, hadice), s jednoduchým a nenáročným připojováním. Po předání energie v mechanismu, je vzduch vyfukován do ovzduší. Oproti tomu, je rozvod elektrické energie náročný na orientaci zapojení (nulování, uzemnění), na kvalitu izolace a na dodržení přísných bezpečnostních předpisů. Rozvod hydraulické energie potřebuje dva až tři vodiče a vyžaduje dokonalou těsnost připojení a vedení.
- přetížitelnost pneumatických mechanismů až k úplnému zastavení je možná bez nebezpečí poškození a při centrálním rozvodu stlačeného vzduchu i bez energetických ztrát. Naopak při přetížení elektrických mechanismů dochází k oteplování vinutí. U mechanismů hydraulických zase dochází k maření energie na pojistném ventilu.
- možnost práce pneumatického mechanismu ve značném rozsahu teplot okolního prostředí, protože i velké teplotní rozmezí nemá zásadní vliv na vlastnosti vzduchu.

Velká změna okolní i provozní teploty vyvolává u hydraulických mechanismů významné změny výstupních parametrů.

- čistota provozu pneumatického mechanismu umožňuje jeho aplikaci zejména v potravinářském průmyslu, farmaceutických výrobnách, v textilních a oděvních provozech, kde případná porucha rozvodu stlačeného vzduchu nezničí stroj ani jeho okolí a neznehodnotí výrobky, jak by se stalo při poruše rozvodu mechanismu hydraulického.
- pneumatické mechanismy pracují s vnitřním přetlakem a ten nedovoluje vnikání nečistot z okolí do prvků a tím jejich opotřebení.
- snadná rychlostní, otáčková, silová a výkonová regulace jednoduchými prostředky, bez maření energie.
- možnost automatizace logických pracovních funkcí a jednoduchá kombinace s elektrickými řídicími prvky o nepatrném výkonu.
- snadná montáž a údržba bez nároků na zvláštní kvalifikaci, jednoduchá diagnostika poruch: slyšitelný únik vzduchu (sluchem), nebo jednoduchým měřícím přístrojem (manometrem)
- výroba pneumatických prvků je jednoduchá, technologicky nenáročná, bez zvláštních pevnostních požadavků na materiál a opracování.

Pro objektivní posouzení a vymezení oblasti použití pneumatických mechanismů, je nutné zmínit dle [11], také jejich nevýhody:

- stlačený vzduch je nejdražší energie a ekonomické ztráty vznikají zejména jeho rozvodem, nebo jeho nedokonalým využitím v pracovním prvku (např. neúplnou expanzí)
- stlačený vzduch je nezbytné pro spolehlivou činnost pneumatického mechanismu náležitě upravit, tj. zbavit jej mechanických nečistot, vlhkosti a vody. V některých případech je vzduch přimazáván olejovou mlhou, k zajištění mazání pohybujících se částí prvků pneumatického mechanismu.
- stlačitelnost vzduchu způsobuje malou tuhost mechanismů a při proměnlivém zatížení obtížnou rychlostní regulaci a souslednost pohybů.
- nízký pracovní tlak stlačeného vzduchu – maximálně  $1\text{Mpa}$ , vyžaduje pro dosažení větších sil, nebo točivých momentů rozměrných pneumatických motorů.
- hlučnost způsobená expanzí vzduchu na výstupu z pneumatického prvku, zejména při velkých průtocích (stovky až tisíce  $\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ).

## 2. Základy technologie stříhání

Do závodů se k dalšímu zpracování dodávají z hutí kovové materiály v nejrůznějších podobách, jako profily, tabule, pásy, tyče a dráty. Buď je zapotřebí z nich ve strojírenské výrobě oddělit část materiálu, coby polotovary pro další zpracování, nebo zhotovit určité tvary v požadované přesnosti a za tímto účelem se velmi často používá technologie stříhání.

Do materiálu se vtlačují střížné hrany nástrojů nebo břity nožů nůžek z obou stran a to tak, že postupně, nebo současně jej oddělují v celém jeho průřezu. K tomu, aby bylo dosaženo kvalitního stříhu je nutno dodržovat potřebné podmínky, které kladou celou řadu požadavků na obsluhu, stroj i nástroj. Jestliže se tyto podmínky nedodrží, pak jako následek mohou vzniknout, jak nekvalitně ustřižené plochy, tak i vylomené břity nožů, nebo dokonce zničení celého stroje, či nástroje. Z tohoto důvodu musí být obsluha stroje seznámena se základními technologickými požadavky kvalitního stříhu, tzn. jaká, má být správná střížná mezera mezi noži a jaké může být maximální otupení nožů samotných. Stříhá se nůžkami nejrůznějších typů, nebo zvláštními nástroji, tzv. stříhadly, což je náš případ. Dle literatury [2]

I když je proces stříhání velmi progresivní způsob zpracování kovů, ovlivňují jej některé zákonitosti a nedostatky a tyto musí být respektovány a dodržovány. Výčet těch nejvýznamnějších uvádím dle [2], níže, a patří k nim:

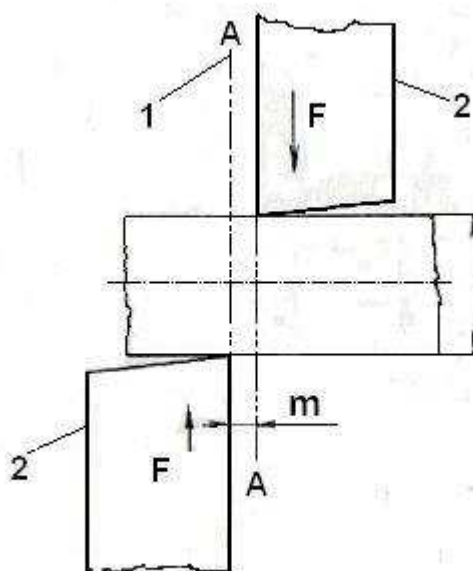
- drsnost střížné plochy, daná průběhem deformace a jakostí materiálu
- zkosení střížné plochy vlivem střížné vůle
- zpevnění střížné plochy do určité hloubky
- prohnutí některých odstřížků ohybovým momentem obou složek střížné síly

Zabránit, nebo alespoň omezit těmto nedokonalostem je možné novými způsoby stříhání, jako jsou přesné stříhání, nebo přistřihování, ale za cenu zvýšených nákladů na nástroj, případně dalšími operacemi, jako je kalibrování. Avšak v případě řešení mého úkolu není nutné výše zmíněné podmínky dodržovat plně v celém rozsahu, poněvadž výsledkem má být zkrácení měděného drátku, tak aby z osazené desky tištěného spoje, jeho ostřižený konec čněl nad její povrch pouze v rozsahu dvou až tří milimetrů. Jelikož jsou v elektrotechnice tyto konce vývodů zapájeny takovým množstvím cínu, který kolem nich vytvoří krustu ve tvaru kapky, není tedy nezbytně nutné docilovat vysoké kvality střížné plochy, ale spíše dbát o to, aby zkosení střížné plochy vlivem střížné mezery, bylo

co nejmenší, poněvadž výrazně ovlivňuje tvorbu nežádoucích otřepů a ostrin. Z důvodu neexistence technické literatury věnující se problematice stříhání drátu, vycházím v celém teoretickém popisu technologie stříhání drátu z analogie k plošnému stříhání plechů, a děrování, kde se rovněž stříhá mimoběžnými stříhadly. Paralela je v tom, že provedeme-li v rovině osy drátu osový (meridiánový) řez, získáme, stejný profil jako je profil stříhaného plechu. Takže pro dílčí výpočty a schémata můžeme použít této analogie, v tom smyslu, že průměr drátu  $d_s$  se rovná tloušťce plechu  $s$ . Principy a procesy se výrazně podobají, takže můžeme použít i jejich závěry a teorie.

## 2.1. Střížný proces

Při stříhání jsou stříhací nože, či stříhací břity zatlačovány do materiálu dvojicí sil  $F$  takovým způsobem, aby nastalo oddělení materiálu v tzv. střížné rovině  $A - A$ . To je rovina, podél níž se nože pohybují a v níž je docíleno působením dvou protilehlých střížných hran smykové napětí, které způsobuje vznik střížné trhliny. Princip stříhání drátu pomocí dvou mimoběžných stříhadel je možno vidět na Obr. 1, podle literatury [1].



**Obr. 1 – Princip prostého (volného) stříhání drátu: 1 – střížná rovina  $A - A$ ; 2 – stříhací nože (stříhadla);  $F$  – střížná síla působící na materiál;  $m$  – střížná mezera mezi noži, v níž působením dvojice sil  $F$  vzniká střížná trhlina;  $d$  – průměr drátu**

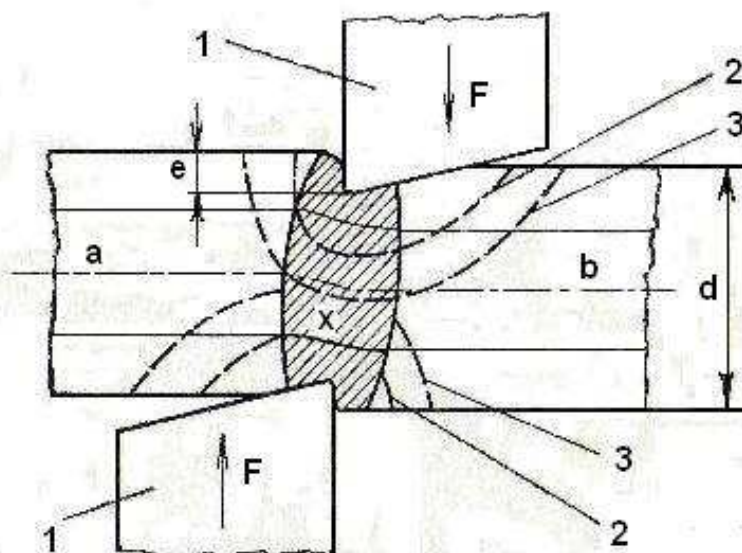


Fotografie pořízená pod mikroskopem na Obr. 2 dle [1], zobrazuje vznik střížné trhliny, která se zde tvoří, nad střížnou hranou, vlivem velké střížné mezery.



**Obr. 2 – Vznik střížné trhliny**

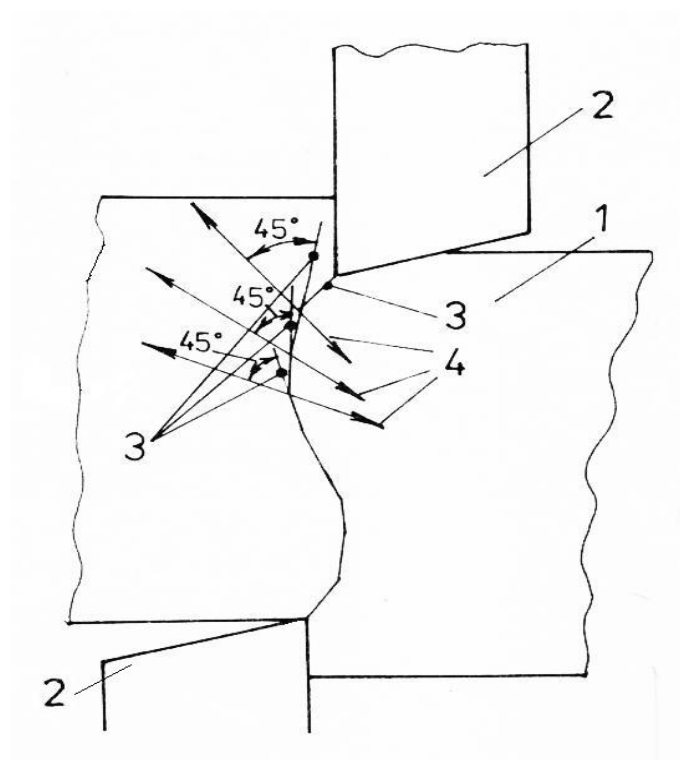
Ve stříhaném materiálu se tlak šíří od místa styku s břit v plochách, které jsou znázorněny na Obr. 3 dle [1] izobarami. Střížné hrany přesunou části stříhaného kovu *a* a *b* proti sobě, a podél střížné plochy začne vznikat tahové napětí.



**Obr. 3 – Rozložení tlaků v okolí střížné roviny: 1 – břity stříhadel; 2,3 – izobary; a, b – části stříhaného materiálu; x – oblast přetvoření; e – poměrná hloubka vtlačení břitů do materiálu; d – průměr drátu**

Ve vyšrafované oblasti na Obr. 3 označené písmenem *x*, dochází k přetvoření stříhaného materiálu a při dalším vzájemném pohybu břitů v ní budou postupně vlákna materiálu ohýbána a protahována. Prodloužení a prohnutí vlákna se bude zmenšovat úměrně s úbytkem tlaku. Jestliže se nože zatlačí do určité poměrné hloubky, která je charakteristická pro stříhaný materiál, dosáhne tahové napětí takové hodnoty, že nastane porušení materiálu. Tedy vznikne trhlinka ve směru největšího smykového napětí. A protože na břitu střížného nože je největší tahové napětí, vznikne první trhlinka obvykle na tomto místě. Při dalším posunu břitů vznikají další trhlinky až do úplného oddělení jednotlivých částí materiálu. [1]

Nerovnoměrné rozložení napětí v materiálu způsobuje i změnu směru prohnutí tahových vláken se vzdáleností od břitu střížných nožů. Obdobně se mění i směr trhlinek, v nichž se materiál odděluje. Trhlinky postupují ve směru největšího smykového napětí, v úhlu přibližně 45° ke směru tahových napětí, čili tahových vláken, jak je možno vidět na Obr. 4 dle [4]. Takto si lze vysvětlit tvar střížné plochy. [1]



**Obr. 4 - Střížná plocha: 1 – stříhaný drát; 2 – břity stříhadel; 3 – směr maximálních smykových napětí; 4 – směr tahových napětí**

## 2.2 Střížná plocha

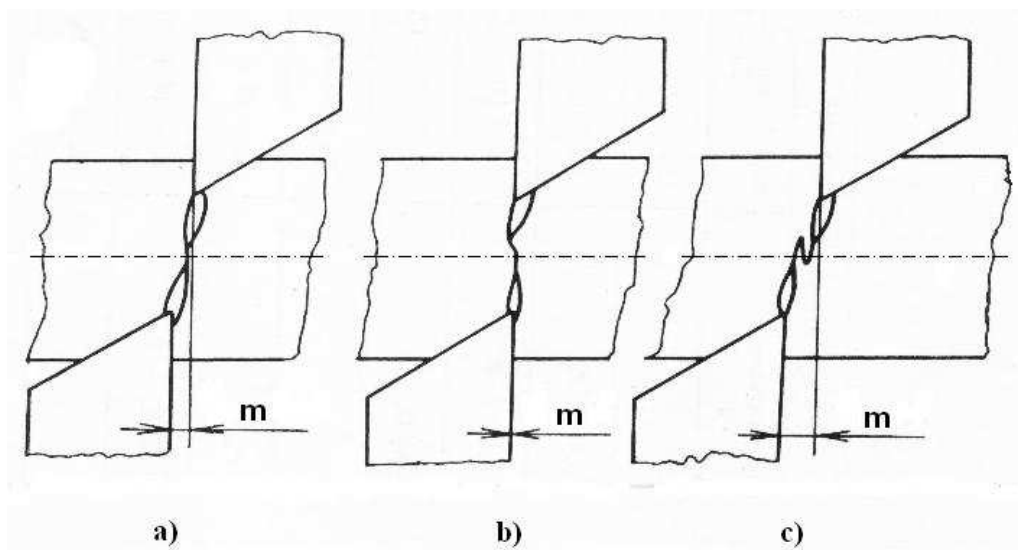
V kovech začíná stříhání pružnou deformací, pokračuje deformací plastickou a po místním vyčerpání plasticity končí lomem. Lom nastává prostřednictvím tvorby trhlinek, které postupují od břitů obou nožů se střížnou mezerou  $m$ , setkávají se uprostřed děleného materiálu a vytváří střížnou plochu ve tvaru písmene S, kterou u prostého stříhu z 80 % tvoří, právě směr maximálních smykových napětí viz Obr. 4. Vždy se však nemusí setkat přesně svými čely. V důsledku toho potom vzniká tříska, která může působit i obtíže, dostane-li se mezi pohybující se části stříhadel, anebo se na povrchu střížné plochy vytvoří zátrh. Stříhaný materiál se v okolí střížné plochy trvale deformuje, a proto dochází k jeho zpevnění. Maximální hodnoty deformace, a tím i zpevnění je dosaženo v těsné blízkosti střížné plochy, tzn. plochy, v které, se od sebe stříhané části, oddělily. [4] Přesnost a kvalita střížné plochy je dle [2] nejvíce závislá na faktorech, které představují:

- vlastnosti stříhaného materiálu
- velikost střížné mezery
- druh a stav nástroje
- kvalita povrchu a přesnost činných částí stříhadel

## 2.3 Velikost střížné mezery

Jakost střížné plochy, velikost střížné síly a s tím související opotřebení nástroje, jsou hlavní hlediska, která mají vliv na volbu velikosti střížné mezery  $m$ . Velikost střížné mezery má tedy velký význam zejména pro trvanlivost stříhadel a je v první řadě závislá na druhu a průměru stříhaného materiálu. Jestliže zmenšujeme střížnou mezeru, zvětšujeme tím střížnou sílu a práci. Přírůstek střížné síly je však poměrně nepatrný, na druhou stranu přírůstek střížné práce je enormní a může dosahovat až 40%. Optimální velikost střížné mezery se volí individuálně vzhledem k funkci střížného nástroje. Při otupených nebo zaoblených břitech musí být větší. Vlivem velké střížné mezery dochází k ohybu stříhané součásti. Jestliže je mezera příliš malá, vznikají na střížné ploše přestřížené ohlazené prstence. [3]

Pro ilustraci uvádím všechny možné varianty velikostí střížné mezery na Obr. 5 dle [1]. Její velikost výrazně ovlivňuje finální podobu výstřížku, proto správně zvolená velikost střížné mezery, zaručuje, že trhliny, které při stříhání vznikají, se setkají.



**Obr. 5 – Vliv velikosti střížné mezery  $m$  na kvalitu střížné plochy: a) optimální střížná meze; b) malá střížná meze; c) příliš velká střížná meze**

Střížnou mezeru při prostém stříhání lze určit pro dráty  $d_S \leq 3 \text{ mm}$  ze vztahu dle Oehlera uvedeného níže dle [2], kde:

$m$  - střížná meze [mm]

$c$  – součinitel závislý na stupni stříhu, který se volí v rozmezí  $(0,005 \div 0,035)$  [-]. Nižší hodnoty se volí, pokud hodláme získat lepší střížnou plochu, vyšší hodnoty volíme, chceme-li dosáhnout minimální střížnou sílu. Podle potřeby je možné volit ještě mezihodnoty, dle [8] pro stříhání střížnými hranami ze slinutých karbidů je doporučováno  $c = 0,015 \div 0,018$ . Uvažuji, že pro výrobu stříhadel bude použito právě slinutého karbidu, proto volím hodnotu  $c = 0,018$ .

$d_S$  – průměr stříhaného drátu [mm];  $d_{S1} = 1 \text{ mm}$ ;  $d_{S2} = 1,5 \text{ mm}$

$k_S$  – střížný odpor [MPa]; kde dle [3]  $k_S \approx \tau_{PS}$ ;  $\tau_{PS}$  – pevnost ve stříhu;  $\tau_{PS} = 180 \text{ MPa}$

$$m = 0,32 \cdot c \cdot d_S \cdot \sqrt{k_S} \quad (1)$$

$$m_1 = 0,32 \cdot c \cdot d_{S1} \cdot \sqrt{k_S}$$

$$m_1 = 0,32 \cdot 0,018 \cdot 1 \cdot \sqrt{180}$$

$$m_1 = 0,077 \text{ mm}$$

$$m_2 = 0,32 \cdot c \cdot d_{S2} \cdot \sqrt{k_S'}$$

$$m_2 = 0,32 \cdot 0,018 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{180}$$

$$m_2 = 0,12 \text{ mm}$$

Výše uvedený výpočet, však není jedinou možností, jak zjistit hodnotu střížné mezery. Ve strojírenské praxi se používá ke stanovení střížné mezery tabulek, ve kterých jsou uvedeny hodnoty střížných vůlí pro určitý druh a průměr stříhaného materiálu. Hodnoty v tabulkách vycházejí z empirických měření a jsou proto mnohem přesnější a bližší skutečnosti.

Podle tabulky dle [3], a vzorce, uvedeného tamtéž, můžeme střížnou mezeru vypočítat:

$$m = \frac{v}{2} \quad (2)$$

$v$  – střížná vůle [mm]; velikosti střížných vůlí jsou uvedeny v rozsazích  $v_1 = (0,04 \div 0,06)$  mm pro  $d_{S1}$ ;  $v_2 = (0,06 \div 0,08)$  mm pro  $d_{S2}$ ; volím pro  $v_1 = 0,06$  mm a pro  $v_2 = 0,06$  mm

$$m_1 = \frac{v_1}{2}$$

$$m_1 = \frac{0,06}{2}$$

$$m_1 = 0,03 \text{ mm}$$

$$m_2 = \frac{v_2}{2}$$

$$m_2 = \frac{0,06}{2}$$

$$m_2 = 0,03 \text{ mm}$$

Z porovnání výsledků obou způsobů zjišťování střížné mezery se na základě teorie volby střížné mezery přikláním k hodnotám tabulkovým, které jsou přesnější, a navíc není mezi nimi tak velká difference, jako při určování střížné mezery pomocí Oehlerova vzorce. Druhý důvod mého rozhodnutí je ten, že pro stříhání obou dvou průměrů drátů použiji

pouze jedny stříhadla, což má za následek, že použiji pouze jednu hodnotu střížné mezery. Skutečná hodnota střížné mezery pro mimoběžná stříhadla bude tedy činit  $m = 0,03 \text{ mm}$ .

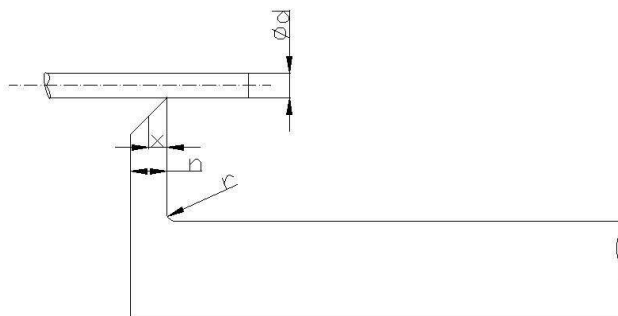
### 3. Návrh konstrukčního řešení stříhacího mechanismu

Rozhodl jsem se použít pro vyvození střížné síly ke stříhání měděného drátu, úchopné hlavice s paralelním pohybem čelistí. Na každé z těchto dvou čelistí, bude pomocí šroubu uchycen jeden nástavec. Na nástavce budou přišroubovány dvě mimoběžná stříhadla, a to tak, že jedno z nich bude vysunuto o tloušťku břitu více než druhé. Chapadlo bude spolu se stříhadly a nástavci svisle připevněno šrouby k rámu, svařeného z hutních profilů. Na tomto rámu bude rovněž uchycen mechanický jezdec. Do tohoto jezdce, bude vyfrézována drážka pro zasunutí destičky tištěného spoje s piny. Jezdcem bude možno pomocí táhla manipulovat dopředu a dozadu tak, aby se destička s piny dostala pod střížné břity stříhadel a každý s pinů mohl být ustřížen. Pozice pinů bude vyznačena červenými zápichy na táhle. Obsluha bude mít možnost jednoduše opticky zkontrolovat pomocí rysky na vedení táhla a kroužku, pozici každého pinu. Stříhání bude rozděleno na dvě operace. To dovolují stejné rozteče pinů na destičce. Nejprve se odstříhá jedna řada pinů např. s  $d_{S1}$ , poté řada druhá s  $d_{S2}$ . Vedení jezdce, bude spočívat ze dvou vodících ocelových tyčí, které budou smontovány do čtyř úchytů a tyto budou přišroubovány k rámu. Řídící pult, bude obsahovat všechny pneumatické prvky kromě rychloodvětrávacího ventilu, který bude upevněn na úchopné hlavici. Z řídicího pultu bude možno pomocí dvou tlačítek rozvaděčů ovládat chapadlo. Sám řídicí pult bude položen vedle stříhacího přípravku a bude spojen se zdrojem stlačeného vzduchu a s úchopnou hlavici dvěma vývody pomocí nástrčných spojek. Na rám stříhacího přípravku budou zavěšeny dva plexisklové kryty, které zajistí bezpečnost obsluhy před poraněním.

#### 3.1 Návrhy použitelných profilů stříhadel a jejich geometrie

Cílem této kapitoly je navržení efektivního a z hlediska výroby, finančně co možná nejméně nákladného typu stříhadla. Pro návrh tloušťky břitů  $n$ , není v technické literatuře exaktní vzorec. Pro všechny níže navržené typy uvažuji shodnou tloušťku břitů  $n$  a při jejím stanovení vycházím z praktik technické praxe, jak blíže to ilustruje Obr. 6.

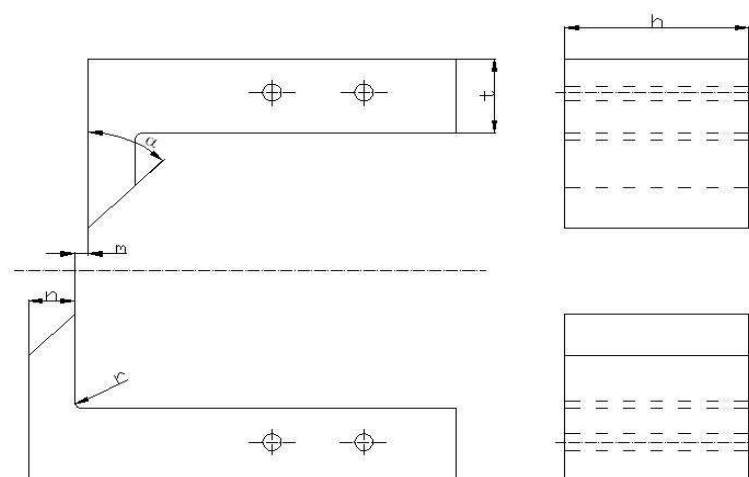
Kdy průměr stříhaného drátu  $d_s$ , v mém případě je hodnota  $d_{s2} = 1,5 \text{ mm}$ , bereme jako ekvivalent tloušťky  $x$  a k ní ještě, pro zvýšení tuhosti připočteme nejméně  $1/3$  z  $x$ , tak, aby se nože do stříhaného materiálu nevlačovaly celou svojí tloušťkou  $n$ . Pro všechny níže uvedené návrhy stříhadel volím tloušťku břitů  $n = 2 \text{ mm}$ . Tloušťku ramen stříhadel  $t$ , stanovuji, pro všechny typy shodnou a její hodnota je  $t = 8 \text{ mm}$ . Předpokládáme, že všechny znázorněné typy stříhadel se chovají, jako břity mimoběžné, a hodnota jejich střížné mezery  $m$  je u všech typů shodná. Rádus  $r$  se zhotovuje z důvodů eliminace ostrého vrubu a volím  $r = 8 \text{ mm}$ .



**Obr. 6 – Schéma způsobu navrhování tloušťky střížné hrany**

### **3.1.1 Stříhadla s rovnoběžnými břity**

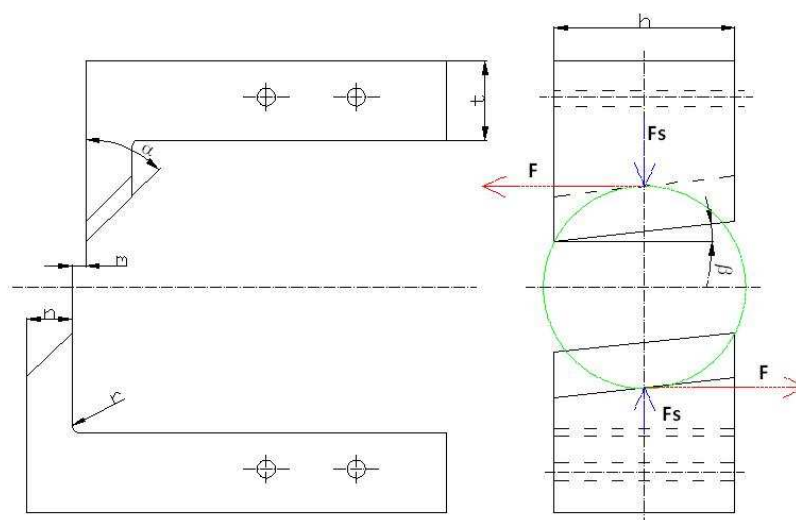
Při klasickém stříhání mimoběžnými hranami dochází ke vzniku tvárného lomu asi při  $1/2$  oddělení průřezu. Tyto mimoběžné břity viz Obr. 7, mají díky jednoduché konstrukci řadu výhod. Předpokládáme-li vyrábět tento typ střížných hran ze slinutých karbidů, potom je možné je zhotovit hromadně pomocí dvou tvarově jednoduchých forem pro horní a spodní břit a poté je podle požadované tloušťky nařezat, čímž se výrazně sníží výrobní náklady na nástroj. Další výhodou je jejich údržba, kdy po otupení břitů stačí přebrousit pouze činné plochy klínu, které jsou na obou nožích pod stejným úhlem  $\alpha$  a ten se volí v rozsahu  $75^\circ \div 60^\circ$ . Pro svůj návrh volím úhel klínu břitu  $\alpha = 70^\circ$ . Nevýhodou tohoto typu stříhadla, je výraznější opotřebení ve stykových plochách činných hran s materiálem, kde se střížný tlak koncentruje na minimální ploše a břity se, proto mnohem častěji musí přebrušovat. Šířku  $h$  volím s ohledem na největší průměr drátu  $d_{s2} = 1,5 \text{ mm}$ , a to  $h = 5 \text{ mm}$  a je shodná pro všechny typy.



**Obr. 7 – Schéma stříhadel s rovnoběžnými břity**

### 3.1.2 Stříhadla s šikmými břity

Tento typ střížných hran na Obr. 8 umožňuje mnohem plynulejší průběh stříhání, než je u stříhadel s rovnoběžnými břity, ale za cenu toho, že v důsledku naklonění střížné plochy o úhel  $\beta$  a vtlačení břitů vlivem střížné síly  $F_S$  do určité hloubky materiálu, začne působit nežádoucí dvojice bočních sil  $F$ , které jsou kolmé na dvojici sil střížných. Tyto boční síly mají tendenci stříhadla od sebe roztahovat a zatěžují je nežádoucími ohybovými momenty. Ze zmíněného důvodu, by tloušťka stříhadel  $t$  musela být ještě naddimenzována, aby se zvýšila jejich tuhost. Úhel  $\beta$  se dle [8] volí obvykle v rozsahu  $5^\circ \div 8^\circ$ . Se zvyšující se složitostí tvarových ploch stříhadel, se zvyšují náklady na výrobu a údržbu.

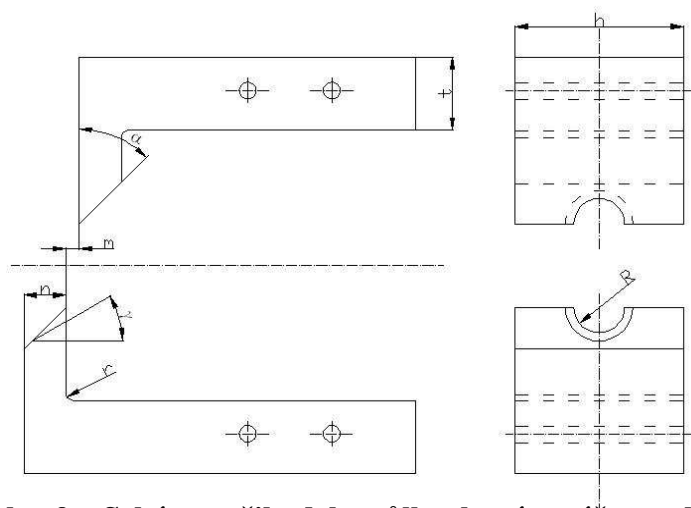


**Obr. 8 - Schéma stříhadel s šikmými břity**



### 3.1.3 Stříhadla s půlkruhovým výřezem břitů

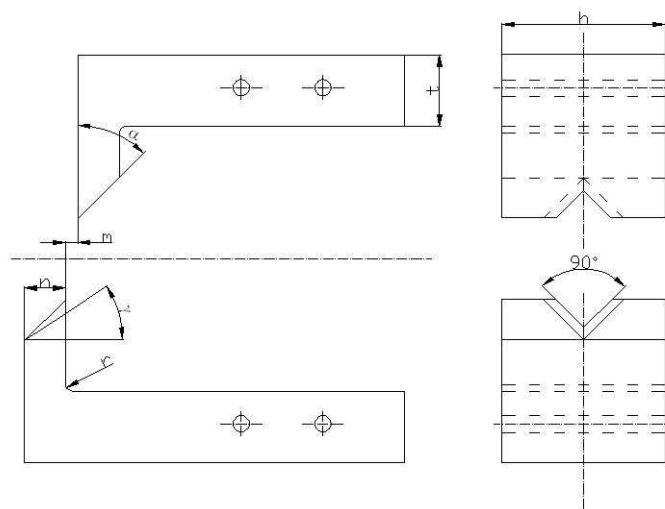
Pro návrh těchto stříhadel byl inspirací princip stříhání kulatých tyčových profilů. Tímto typem stříhadel na Obr. 9, je drát veden v celém průběhu střížného procesu do středu své střížné plochy, což je výhoda, kterou můžeme uplatnit, protože můžeme předpokládat i tu možnost, že drátky pinů nebudou vždy ideálně rovné v celé svojí délce. Další výhodou je nižší opotřebení nástroje vlivem rovnoměrnějšího rozložení tlaku na střížné hrany. Úhel  $\gamma$  volíme dle [3], v rozsahu  $10^\circ \div 15^\circ$ . Ovšem stanovit pro konkrétní stříhaný průměr drátu optimální poloměr střížné hrany  $R$ , již je značně obtížné. Mezi nevýhody lze opět zařadit vyšší náklady na výrobu tvarově složitější činné plochy a náročnější údržbu.



Obr. 9 – Schéma stříhadel s půlkruhovým výřezem břitů

### 3.1.4 Stříhadla s trojúhelníkovým výřezem břitů

Stejně jako v předchozím případě je drát i těmito stříhadly na Obr. 10 v průběhu celého střížného procesu veden tvarovými výřezy do středu své střížné plochy a stříhání postupně a plynuleji, než stříhadly s břitmi rovnoběžnými, díky čemuž je i opotřebení střížných hran menší, protože střížná síla se rozkládá do větší plochy. Úhel  $\gamma$  volíme dle [3], v rozsahu  $10^\circ \div 15^\circ$ . Ovšem mnohem vyšší náklady na výrobu tvarově složitějšího profilu a náročnější údržba činných ploch střížných hran, jsou důvody, které hovoří pro volbu jednoduššího typu stříhadla.



**Obr. 10 – Schéma stříhadel s trojúhelníkovým výřezem břitů**

Ze všech čtyř navržených typů stříhadel, které jsem výše co možná nejvíce charakterizoval, jak z hlediska jejich geometrie a volby rozměrů, tak i z hlediska jejich působení v průběhu střížného procesu, a v neposlední řadě z hledisek finanční náročnosti na jejich výroby, vybírám pro nejnižší náklady na výrobu a jednoduchou údržbu do svého řešení, stříhadla s břity rovnoběžnými.

### **3.2 Životnost stříhadel**

Z hlediska provozu se životnost stříhadla posuzuje podle počtu výstřižků, v požadované kvalitě a žádaných rozměrech. Jestliže činné části nástroje nelze naostřit ani opravit, říkáme o nástroji, že je již plně opotřebován.

Činitele ovlivňující životnost nástroje dle [2], jsou tyto:

- druh a kvalita nástroje – geometrie, provedení a jakost výroby, tepelné zpracování nástroje
- tvar a velikost stříhaného materiálu – poměr průměru a tvrdosti zpracovaného materiálu

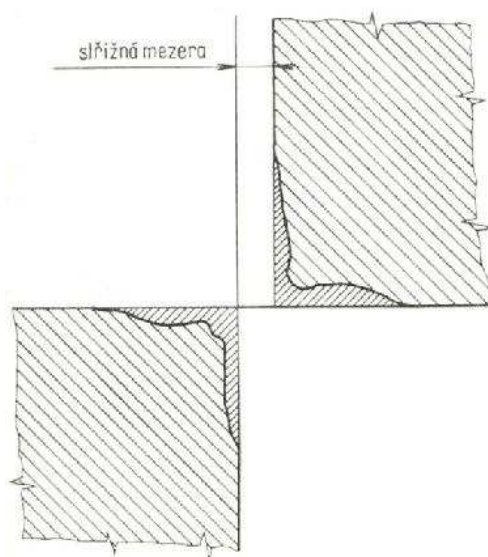
- péče o nástroj – jeho ustavení a seřízení na stroji a údržba
- zpracovaný materiál – druh a vlastnosti

Jasným signálem opotřebení nástroje je špatná kvalita výstřižků. Částečnému opotřebení se dá zabránit přebroušením střižných částí nástroje. Z toho důvodu u nástroje rozlišujeme:

- celkovou trvanlivost – životnost
- dílčí trvanlivost – doba mezi dvěma přebroušeními

Počet možných přebroušení je závislý na rozměrech činných částí stříhadel a jejich konstrukci. Opotřebení nástroje je způsobeno úbytkem materiálu z činných ploch.

Opotřebení se může projevovat jak otěrem boku činné plochy nástroje v šikmém směru, vlivem tření mezi nástrojem a materiálem, tak i žlábkovitým vymíláním čela. Charakteristika opotřebení boku činných ploch stříhadla má podobu nepravidelné kuželové plochy. V praxi se vyskytují oba dva základní typy opotřebení v kombinované formě, jak nám to níže představuje Obr. 11 dle [2].



**Obr. 11 – Tvar opotřeбенých střižných ploch v kombinované podobě**

Opotřebení vzniká z toho důvodu, že při postupném vnikávání stříhadel do drátu se okrajová vlákna prodlužují a materiál se zpevňuje. Vysoké tlaky, které vznikají na střižných hranách nástroje, způsobují opotřebení vlivem abraze a adheze. Adhezivní opotřebení vzniká ve větší míře u střižných a řezných nástrojů, abraze zase u nástrojů lisovacích.

Jestliže se zvýší otupení činných ploch střížných hran, zvýší se tím i střížná síla a to působením většího stupně tváření stříhaného materiálu, a také zvyšujícím se zpevněním a rovněž odporem, vlivem tření. Obvykle se zvětšuje i střížná mezera, ale ta naopak zase snižuje velikost střížné síly. Výsledkem výrazně zvýšeného opotřebení střížných hran nástroje, je tedy vzrůst střížné síly. Opotřebení nástroje se po jednotlivých broušeních zmenšuje.[2]

### 3.3 Výpočet střížných sil

Při stříhání paralelními noži střížná síla poroste až do určitého maxima a v okamžiku, kdy vznikne trhлина ve stříhaném materiálu, začne střížná síla klesat. Síla klesne na nulu v okamžiku, kdy se materiál oddělí v celé ploše. Poměr maximální hodnoty střížné síly k původnímu průřezu stříhaného materiálu se nazývá pevnost ve stříhu. Stříhaným materiálem je měď, poněvadž tento materiál nebyl blíže specifikován v zadání, volím materiál s označením 42 3001.1. Jedná se o elektrovodnou měď s velmi dobrou tvárností, s použitím pro přístroje, stroje a zařízení zejména v elektrotechnice s pevností ve stříhu  $\tau_{PS} = 180 \text{ MPa}$ .

Střížná síla pro stříh dvěma mimoběžnými paralelními noži dle [1]:

$$F_S = \tau_{PS} \cdot S \quad (3)$$

$F_{S1}; F_{S2}$  – střížné síly pro jednotlivé piny [N]

$S_1; S_2$  – plochy stříhaného materiálu ve střížné rovině [ $\text{mm}^2$ ]

Střížná síla pro pin  $d_I$ :

$$F_{S1} = \frac{\pi \cdot d_{S1}^2}{4} \cdot \tau_{PS}$$

$$F_{S1} = \frac{\pi \cdot 1^2}{4} \cdot 180$$

$$F_{S1} = 141,37 \text{ N}$$

Střížná síla pro pin  $d_2$ :

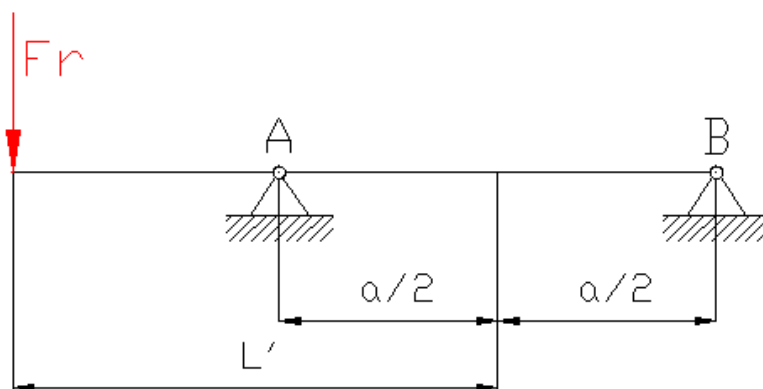
$$F_{S2} = \frac{\pi \cdot d_{S2}^2}{4} \cdot \tau_{Ps}$$

$$F_{S2} = \frac{\pi \cdot 1,5^2}{4} \cdot 180$$

$$F_{S2} = 318,1 \text{ N}$$

### 3.4 Dimenzování šroubového spoje pro stříhadlo a nástavec

Pro spojení každého stříhadla s nástavcem, navrhuji šroubové spojení pomocí dvou shodných šroubů. Na Obr. 12, nám toto schéma ilustruje působení reakční síly na střížnou hranu břitu, při dosednutí stříhadla na povrch materiálu. Síla  $F_r$  je reakční silou na střížnou sílu  $F_S$ ; platí tedy  $F_r = F_{S2} = 319 \text{ N}$ . Písmena A, a B, označují pozice šroubů. Pro vzdálenost mezi šrouby, jsem navrhl rozměr  $a = 10 \text{ mm}$ ; volím  $L' = 18 \text{ mm}$ .

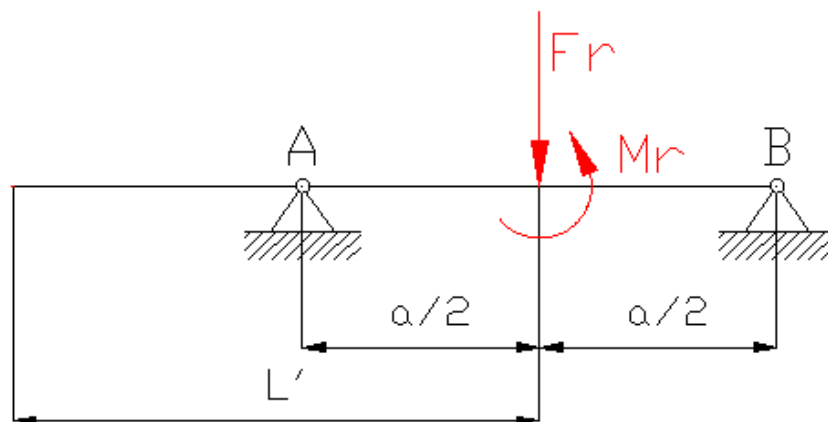


Obr. 12 – Schéma zatížení stříhadla silou  $F_r$

Moment, který vyvozuje síla  $F_r$ :

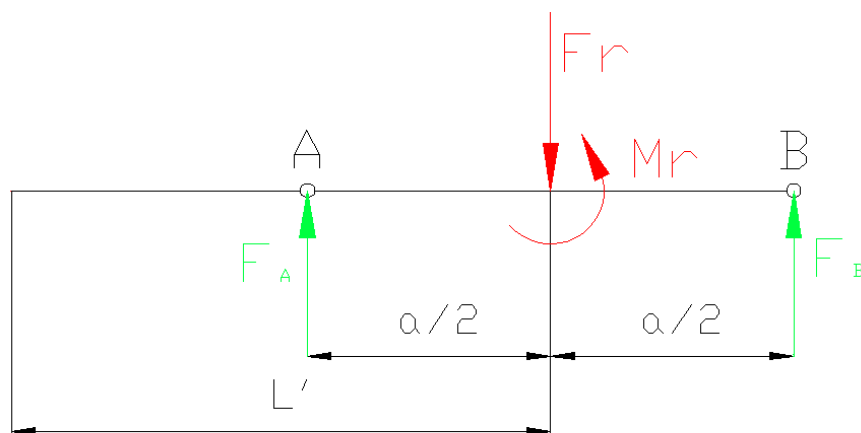
$$M_r = F_r \cdot L' \tag{4}$$

Sílu  $F_r$  je možné posunout po své nositelce, tak aby působila v bodu uprostřed vzdálenosti mezi oběma šrouby, jak to znázorňuje Obr. 13.



**Obr. 13 – Schéma zatížení šroubového spoje silou  $F_r$  a momentem  $M_r$**

Při uvolnění soustavy, zavádíme do bodů  $A$  a  $B$ , reakční síly  $F_A$  a  $F_B$ . Na Obr. 14 uvedeném níže jsou zachyceny všechny síly a momenty působící v soustavě.



**Obr. 14 – Schéma sil a momentů působících v soustavě**

Výpočet reakcí:

$$\sum M_A = 0$$

$$-F_r \cdot \frac{a}{2} + F_B \cdot 2 \cdot \frac{a}{2} + M_r = 0$$

$$F_B \cdot a = F_r \cdot \frac{a}{2} - F_r \cdot L'$$

$$F_B = \frac{F_r}{a} \cdot \left( \frac{a}{2} - L' \right)$$

$$F_B = F_r \cdot \left( \frac{1}{2} - \frac{L'}{a} \right)$$

$$F_B = 319 \cdot \left( \frac{1}{2} - \frac{18}{10} \right)$$

$$F_B = -4147N$$

Síla  $F_B$  vyšla v záporné hodnotě, jelikož je orientována opačně

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_r + F_A + F_B = 0$$

$$F_A = F_r - F_B$$

$$F_A = F_r - F_r \cdot \left( \frac{1}{2} - \frac{L'}{a} \right)$$

$$F_A = F_r - F_r \cdot \frac{1}{2} + F_r \cdot \frac{L'}{a}$$

$$F_A = F_r \cdot \left( 1 - \frac{1}{2} + \frac{L'}{a} \right)$$

$$F_A = F_r \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{L'}{a} \right)$$

$$F_A = 319 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{18}{10} \right)$$

$$F_A = 733,7N$$

$F_A > F_B$ , z tohoto důvodu budu při navrhování velikosti šroubu počítat se silou  $F_A = 733,7N$ , protože maximální zatížení šroubu je v místě A.

Předpokládáme, že předpětí  $F_o$  od utažení šroubu vyvolává mezi spojovanými částmi (stříhadlo; nástavec) tření, které zamezí jejich pohybu. Potřebnou sílu  $F_o$ , působící, také v ose šroubu, určíme s podmínky přenosu provozní příčné síly  $F_P^\perp$  třením: [5]

$F_o$  – osová síla ve šroubu [N]

$F_P^\perp$  - provozní příčná síla [N]; protože síla  $F_A$  zatěžuje šrouby příčně, platí  $F_P^\perp = F_A$

$F_T$  – třecí síla [N]

$k$  – součinitel bezpečnosti proti prokluzu [-]; volíme  $k \geq 1,3$ ; pro svůj návrh volím  $k = 1,5$

$f$  - součinitel smykového tření [-]; součinitel tření můžeme vhodnou úpravou stykových ploch zvětšit; pískováním dle [9] dosáhneme  $f = (0,43 \div 0,76)$ ; volím  $f = 0,5$

$$F_P^\perp \leq F_T \quad (5)$$

$$k \cdot F_P^\perp = F_O \cdot f \quad (6)$$

$$k \cdot F_A = F_O \cdot f$$

$$F_O = \frac{k \cdot F_A}{f}$$

$$F_O = \frac{1,5 \cdot 733,7}{0,5}$$

$$F_O = 2201,1N$$

Stanovení průměru jádra šroubu dle [9]:

$d_3$  – nejmenší průměr šroubu (průměr jádra) [mm]

$\sigma_t$  – napětí šroubu v tahu [MPa]

$\beta_k$  – součinitel přídatného krutu [-]; dle [5]  $\beta_k = (1,3 \div 1,5)$ ; volím  $\beta_k = 1,3$

$k_S$  – součinitel statické bezpečnosti šroubových spojů [-]; dle [5]  $k_S \geq 1,5$ ; volím  $k_S = 1,6$

8.8 – třída pevnosti ocelových šroubů

$R_e$  – mez kluzu [MPa]

mez kluzu stanovíme z třídy pevnosti dle [5] následovně:

$$R_e = 8 \cdot 8 \cdot 10 = 640MPa$$

dle [9] určíme průměr jádra šroubu z rovnice:

$$\sigma_t \cdot \beta_k \leq \sigma_{DOVT} \quad (7)$$



$$\frac{F_o}{\pi \cdot d_3^2} \cdot \beta_k \leq \frac{R_e}{k_s} \quad (8)$$

$$d_3 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_o \cdot \beta_k \cdot k_s}{\pi \cdot R_e}}$$

$$d_3 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 2201,1 \cdot 1,3 \cdot 1,6}{\pi \cdot 640}}$$

$d_3 \geq 3,018 \text{ mm}$  ; dle [6] volím šroub se závitem M4

Základní parametry závitu:

$d = 4 \text{ mm}$ ;  $d_2 = 3,545 \text{ mm}$ ;  $d_3 = 3,141 \text{ mm}$ ;  $P = 0,7 \text{ mm}$ ;  $\alpha_Z = 60^\circ$ ; metrický závit je vždy jednoduchý, proto platí  $P_h = P$

$f_Z$  – součinitel smykového tření na závitu [-]; volím  $f_Z = 0,15$

$P_h$  – stoupání závitu [mm]

$P$  – rozteč závitu [mm]

$\alpha_Z$  – úhel profilu závitu [ $^\circ$ ]

$\psi$  – úhel stoupání závitu [ $^\circ$ ]

$\varphi'$  – redukovaný třecí úhel závitu [ $^\circ$ ]

úhel stoupání závitu dle [5]:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{P_h}{\pi \cdot d_2} \quad (9)$$

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{P_h}{\pi \cdot d_2}$$

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{0,7}{\pi \cdot 3,545}$$

$$\psi = 3,6^\circ$$

redukovaný třecí úhel závitu dle [5]:

$$tg\varphi' = \frac{f_z}{\cos\alpha/2} \quad (10)$$

$$\varphi' = arctg \frac{f_z}{\cos\alpha/2}$$

$$\varphi' = arctg \frac{0,15_z}{\cos 30^\circ}$$

$$\varphi' = 9,83^\circ$$

Pevnostní kontrolu šroubu provádíme dle [5] následovně:

napětí šroubu v tahu dle [5]:

$$\sigma_t = \frac{F_o}{S} = \frac{F_o}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{4 \cdot F_o}{\pi \cdot d_3^2} \quad (11)$$

$$\sigma_t = \frac{4 \cdot 2201,1}{\pi \cdot 3,141^2}$$

$$\sigma_t = 284,1 MPa$$

Napětí šroubu v krutu dle [5]

$$\tau = \frac{M_K}{W_K} = \frac{F_o \cdot tg(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{8 \cdot F_o \cdot tg(\psi + \varphi')}{\pi \cdot d_3^3} \quad (12)$$

$$\tau = \frac{8 \cdot 2201,1 \cdot tg(3,6^\circ + 9,83^\circ) \cdot 3,545}{\pi \cdot 3,141^3}$$

$$\tau = 153,11 MPa$$

Pevnostní kontrolu dle Guesta vyjádříme součinitelem statické bezpečnosti dle [5]:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau^2} \quad (13)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{284,1^2 + 4 \cdot 153,11^2}$$

$$\sigma_{red} = 417,64 MPa$$

Součinitel statické bezpečnosti dle [5]:

$$k_S = \frac{R_e}{\sigma_{red}} \geq 1,5 \quad (14)$$

$$k_S = \frac{640}{417,64}$$

$k_S = 1,53 > 1,5 \rightarrow$  navržený šroubový spoj vyhovuje požadavkům bezpečnosti

Výpočet utahovacího momentu  $M_U$  dle [5], kde je:

$M_U$  – utahovací moment šroubu [Nm]

$M_{TZ}$  – třecí moment v závitech [Nm]

$M_{TM}$  – třecí moment pod hlavou šroubu [Nm]

$$M_U = M_{TZ} + M_{TM} \quad (15)$$

Výpočet třecího momentu v závitech  $M_{TZ}$  dle [5]:

$$M_{TZ} = F_O \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} \quad (16)$$

$$M_{TZ} = 2201,1 \cdot \operatorname{tg}(3,6^\circ + 9,83^\circ) \cdot \frac{3,545}{2}$$

$$M_{TZ} = 931,62 \text{ Nmm} = 0,93 \text{ Nm}$$

Výpočet třecího momentu pod hlavou šroubu  $M_{TM}$  dle [5], kde je:

$f_M$  – součinitel smykového tření v kontaktu hlavy šroubu a nástavce [-]; podle [6] volím  $f_M = 0,15$

$D$  – průměr hlavy šroubu [mm]

$d_N$  – průměr díry nástavce [mm]

$$M_{TM} = F_O \cdot f_M \cdot \frac{D + d_N}{4} \quad (17)$$

$$M_{TM} = 2201,1 \cdot 0,15 \cdot \frac{7 + 5}{4}$$

$$M_{TM} = 990,5 \text{ Nmm} = 0,99 \text{ Nm}$$

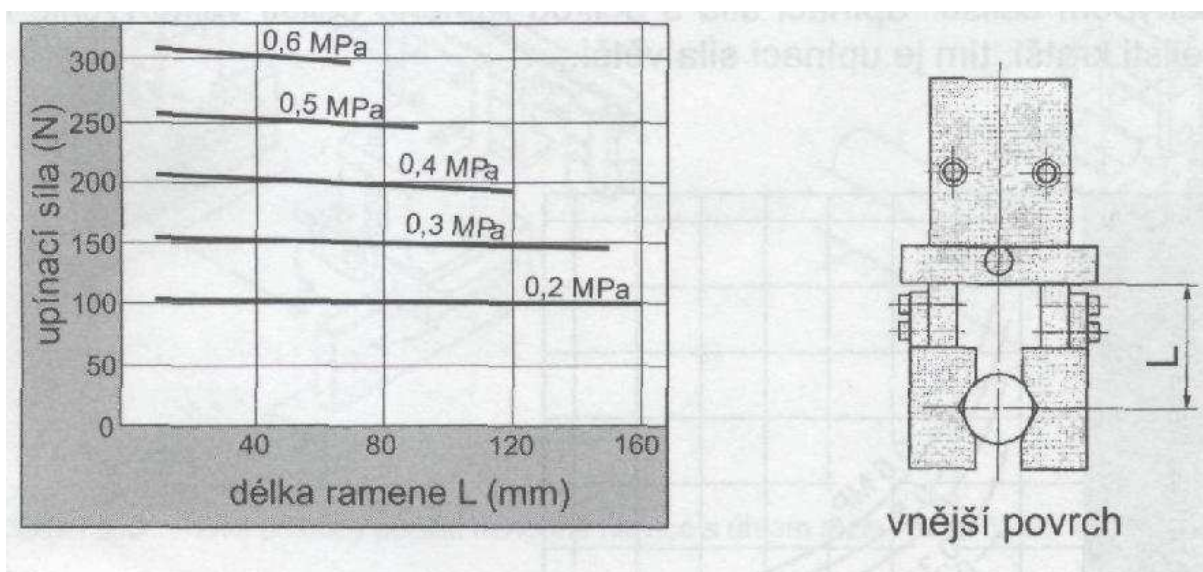
Výpočet výsledného utahovacího momentu pro šroub dle [5]:

$$M_U = 0,93 + 0,99$$

$$M_U = 1,92Nm$$

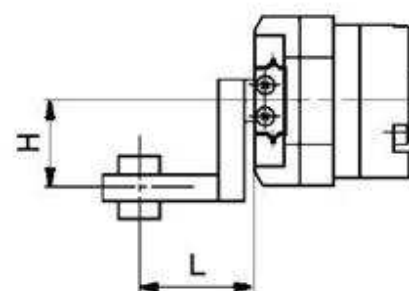
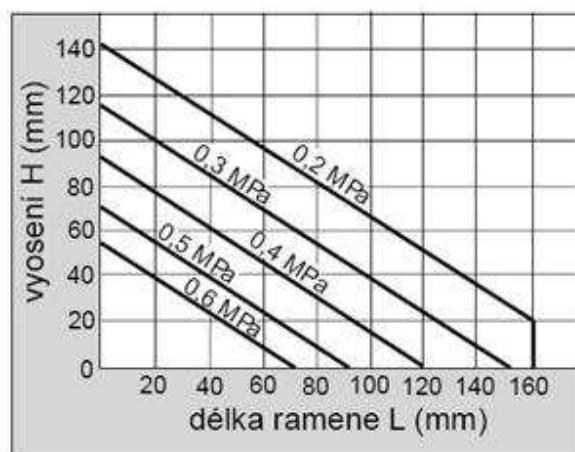
#### 4. Výběr optimální úchopné hlavice

Předpoklad návrhu mého řešení počítá s použitím pouze jedné úchopné hlavice, kterou budou stříhány oba dva průměry pinů. Z tohoto důvodu bude pro výběr vhodné hlavice brána pouze střížná síla  $F_{S2}$ . Rozhodl jsem se volit úchopné hlavice se dvěma čelistmi s paralelním pohybem jednak proto, že jejich funkce spolehlivě zajistí stejnoměrný pohyb dvou stříhadel proti sobě, čelisti se posouvají kolmo k ose hlavice, což vyhovuje principu stříhání paralelními noži, a také proto, že se s rostoucí délkou ramene tohoto typu čelistí nemění příliš výrazně upínací síla na rozdíl od úchopných hlavic s kruhovým pohybem čelistí. Ale zároveň vím, že samotná stříhadla a jejich nástavce budou muset být navrženy takovým způsobem, aby umožnily snadnou montáž a demontáž na hlavici, a také zajistily ustříhnutí zamýšleného pinu, bez toho, aby při plnění své funkce narážely do pinu sousedního (při řešení jsme totiž limitováni roztečnými rozměry pinů). Tedy předpokládané vyložení (vysunutí) stříhadel zvětší délku ramene  $L$  hlavice a upínací síla hlavice se bude korigovat pomocí diagramu vyjadřující upínací sílu v závislosti na délce ramene čelisti a tlaku vzduchu dle [7] na Obr. 15.



Obr. 15 – Diagram závislosti upínací síly na délce ramene čelisti  $L$  a tlaku vzduchu

Zároveň může z konstrukčních důvodů bod působení úchopné (střížné) síly ležet mimo osu hlavice. Tento bod však může ležet pouze v určitém rozsahu, který je dán poměrem délky ramene čelisti  $L$  k vyosení těžiště předmětu  $H$  v závislosti na tlaku vzduchu stanoveném pro danou velikost a typ hlavice dle [7] obecně na Obr. 16. Nerespektování těchto doporučených údajů může vest k poškození uložení a vedení čelistí chapadla. [7]



správný poměr rozměrů H a L

**Obr. 16 – Diagram pro stanovení poměru délky ramene L k vyosení těžiště H pro příslušný tlak, označovaný též jako rozsah uchopení**

Z výše zmíněných důvodů musím vybírat chapadlo s větší hodnotou upínací síly než je vypočtená střížná síla  $F_{S2}$  a podle konstrukčních rozměrů stříhadel a nástavců, na kterých budou stříhadla přišroubována a za použití obou diagramů, tuto sílu určím přesně. Do úzkého výběru vybírám po dvou hlavících od dvou největších světových výrobců, jimiž jsou firmy SMC, Festo a z nich pak vyberu hlavici s neoptimálnějšími parametry pro můj návrh řešení.

#### 4.1 Úchopná hlavice s paralelním pohybem čelistí řady MHZ2

V katalogu fa SMC se nabízí jako vhodné použít chapadla řady MHZ2 na Obr. 17, s paralelním pohybem čelistí v jednočinném provedení, kdy jsou čelisti bez tlaku rozevřeny pomocí pružiny a spotřebovávají tak tlakový vzduch pouze při jednom zdvihu, čili při sevření. Chapadlo pracuje v rozsahu teplot  $(-10 \div 60)^\circ\text{C}$ , s filtrovaným vzduchem na maximální velikost pevných částic  $5\mu\text{m}$ . [8]



**Obr. 17 – úchopná hlavice řady MHZ2 fa SMC**

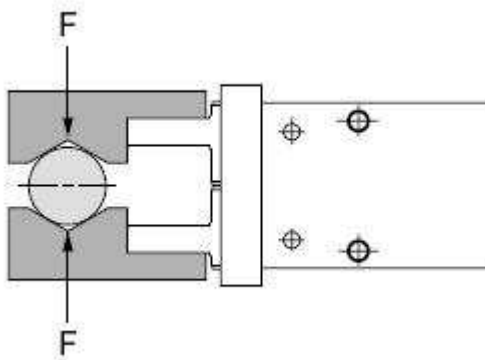
Všeobecné údaje o úchopných hlavicích řady MHZ2 dle [8]:

- čelisti a jejich vedení je z korozi-vzdorné oceli
- vedení zhotovené z jednoho dílu zvyšuje přesnost a tuhost
- opakovatelná přesnost upnutí  $\pm 0,01 \text{ mm}$
- otvory pro šrouby a kolíky umožňují upevnění ze tří stran
- přesné provedení tělesa hlavice s tolerancí  $\pm 0,05 \text{ mm}$

Požadavkům na úchopnou sílu nejvíce vyhovuje úchopná hlavice typu MHZ2 – 40S, typ MHZ2 – 32S by již neposkytoval požadovanou sílu. Základní parametry MHZ2 – 40S jsou dle [8]:

- průměr pístu –  $40 \text{ mm}$
- efektivní hodnota upínací síly jedné čelisti při provozním tlaku  $0,7 \text{ MPa}$  -  $319 \text{ N}$
- zdvih čelistí –  $30 \text{ mm}$
- hmotnost –  $1370 \text{ g}$

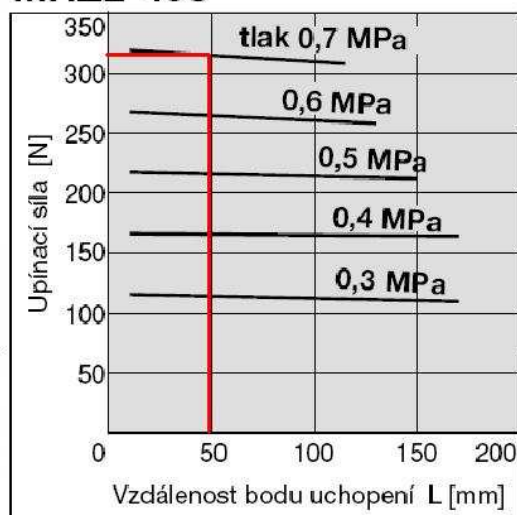
V grafu uvedená upínací síla  $F$  platí vždy pro jednu čelist hlavice po dosednutí obou nástavců na povrch předmětu, viz Obr. 18 dle [8]. Střížná síla pro jednu čelist je tedy ekvivalentní se silou upínací.



**Obr. 18 – Schéma působení upínací síly**

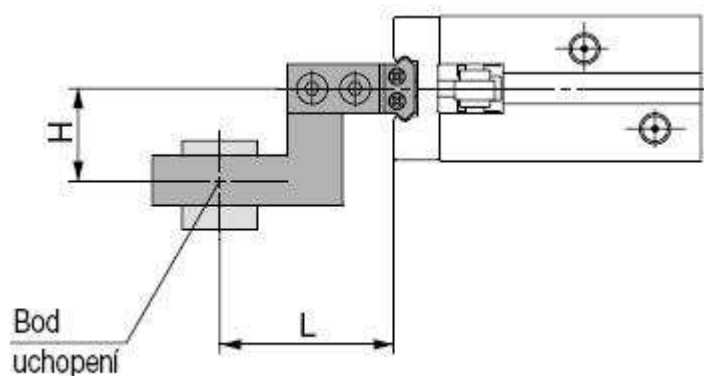
Do diagramu závislosti upínací síly na délce ramene čelisti a tlaku vzduchu na Obr. 19 pro typ MHZ2 – 40S, vynáším na osu vzdálenosti bodu uchopení, rozměr  $L = 49 \text{ mm}$ . Tento rozměr jsem získal tím způsobem, že jsem přičetl k délce samotné čelisti  $L_c = 41 \text{ mm}$  ještě maximální vysunutí stříhadla  $L_s = 8 \text{ mm}$ . Podle diagramu, činí výsledná hodnota upínací (střížné) síly pro jednu čelist  $F_s = 319 \text{ N}$ , při tlaku  $0,7 \text{ MPa}$ . [8]

## MHZ2-40S



**Obr. 19 – Diagram závislosti upínací síly na vzdálenosti bodu uchopení  $L$  a tlaku vzduchu 0,5 MPa pro typ MHZ2 – 40S**

Pneumatické úchopné hlavice musí být používány takovým způsobem, aby bod uchopení  $L$  a vyložení  $H$ , viz Obr. 20, ležely vždy v rozmezí daném použitým provozním tlakem. Jestli-že se bod uchopení ocitne nad předepsanou mezí, sníží se životnost úchopné hlavice. [8]

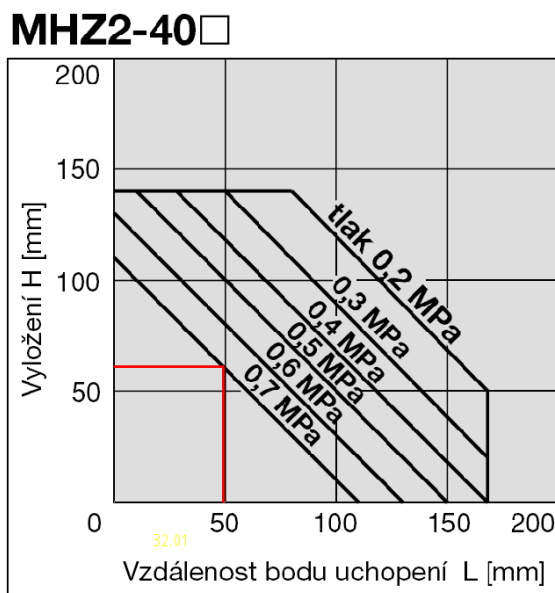


**Obr. 20 – Schéma uchopování za vnější povrch při zachování správného poměru bodu uchopení  $L$  a vyložení  $H$**

Do diagramu dle [8] pro stanovení poměru délky ramene  $L$  k vyosení  $H$  na Obr. 21, vynáším vzdálenost bodu uchopení  $L = 49\text{mm}$ , kterou jsem určil už výše při zjišťování úchopné síly, a vidíme, že při tlaku 0,7 MPa, a při zachování efektivní hodnoty upínací síly  $F = 319\text{N}$ , činí maximální dovolená hodnota vyložení  $H=61,1\text{mm}$ . Tak velká hodnota vyložení  $H$  nebude třeba, protože mnou uvažovaná hodnota vyložení pro použití MHZ2-



40S činí  $H=15\text{mm}$ . Vyložení je použito proto, aby obě stříhadla mohla být na hlavici pomocí nástavců uchycena takovým způsobem, aby jejich případná demontáž, z důvodu údržby (ostření a broušení), byla co nejsnazší, a také, z důvodu snadnější možnosti vizuální kontroly stavu stříhadel a jejich funkce obsluhou. [8]



**Obr. 21 - Diagram pro stanovení poměru délky ramene L k vyosení těžiště H pro tlak 0,5 MPa a typ MHZ2 – 40S**

#### 4.2 Úchopné hlavice s paralelním pohybem čelistí řady HGP

Další z možností je použít rovněž chapadla s paralelním pohybem čelistí, ale například FESTO, řady HGP na Obr. 22 dle [9]. Konkrétně, chapadla s typovým označením HGP 35 AB G1, protože nižší typ této řady HGP 25 AB, při vyložení stříhadel již nezvládá pokrýt požadavky na úchopnou (střížnou) sílu. Jedná se jako v předchozím případě o chapadlo jednočinné, kdy je rozevření čelistí dosaženo pomocí pružiny. Jednou z výhod této řady jsou menší rozměry a možnost silnějšího úchopu v malém prostoru oproti řadě MHZ2. Toto zařízení plní optimálně své funkce v rozsahu teploty  $+5^{\circ}\text{C}$  až  $+60^{\circ}\text{C}$  a provozním médiem může být jak mazaný, tak i nemazaný stlačený vzduch, filtrovaný na maximální hodnotu velikosti částic  $5\mu\text{m}$ . [9]



**Obr. 22 - úchopná hlavice řady HGP fa FESTO**

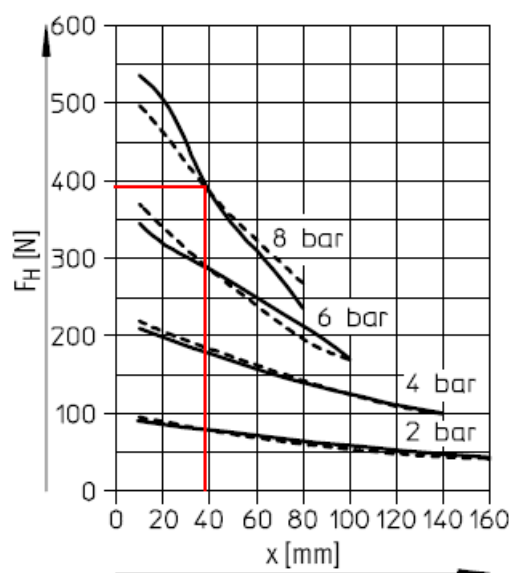
Všeobecné údaje o úchopných hlaviciích řady HGP dle [9]:

- samočinně se středí
- max. opakovatelná přesnost
- zajištění síly úchopu
- vhodné pro vnější i vnitřní úchop
- pevné vnitřní škrcení
- možnost použití ochranného krytu proti prachu

Základní parametry úchopné hlavice HGP 35 AB G1 dle [9]:

- průměr pístu – 35 mm
- síla úchopu jedné čelisti při provozním tlaku 0,8 MPa – 398N
- zdvih čelistí – 25 mm
- hmotnost – 1387 g

Do diagramu závislosti upínací síly na délce ramene čelisti a tlaku vzduchu na Obr. 23 dle [9] pro typ HGP 35 AB G1, vynáším na osu  $x$  vzdálenost bodu uchopení (působíště střížné síly)  $x=39,9mm$ . Tento rozměr je součtem délky samotné čelisti  $x_c = 31,9mm$  a délky vysunutí nejdelšího stříhacího nože  $x_s = 8mm$ . Po vynesení můžeme odečíst z diagramu, že při tlaku 0,8 Mpa činí pro jednu čelist hodnota úchopné (střížné) síly  $F_H = 398N$ . V diagramu jsou vyznačeny křivky pro sevření čelistí plnou čarou a pro rozevření čarou čárkovanou. [9]



**Obr. 23 – Diagram závislosti upínací síly  $F_H$  na délce ramene  $x$  a tlaku vzduchu 6 bar pro typ HGP 35 AB G1**

Protože výrobce neposkytuje ve svém katalogu pro typ HGP 35 AB G1 diagram rozsahu uchopení pro tlak 8 bar. Volil bych pro toto chapadlo uchycení střihadel bez vyložení.

## 5. Specifikace prvků pneumatického obvodu

### Pneumatická hlavice s paralelním pohybem čelistí

Pro svůj návrh řešení vybírám z výše představených typů úchopných hlavíc, úchopnou hlavici fa SMC typ MHZ2 – 40S. Jednak proto, že při nižším pracovním tlaku 0,7 MPa poskytuje pro jednu čelist dostatečnou hodnotu efektivní uchopovací (střížné) síly  $F = 319$  N. Druhým důvodem je konstrukční provedení čelistí, které nejvíce vyhovuje zamýšlenému způsobu uchycení střihadel a jejich nástavců. I přes větší zástavbové rozměry oproti hlavici HGP 35 AB G1, nabízí díky své robustnosti a vedení, které je zhotoveno z jednoho dílu, největší přesnost a tuhost upnutí. Hmotnost 1370 g. Vnitřní připojovací závit M5x0,8. [8]

### **Rozvaděče**

Pro přívod pracovního tlaku do úchopné hlavice, byl vybrán monostabilní rozvaděč 3/2 normálně uzavřený, typ SYJA512-M5, rozsah pracovního tlaku  $(0,15 \div 0,7) \text{ MPa}$ , pracující při teplotě média a okolí  $(-10 \div 50)^\circ\text{C}$ , hmotnost 45g, mazání není požadováno, montážní poloha je bez omezení. Připojení vývodů je zajištěno vnitřními závitů  $M5 \times 0,8$ . [8]

Pro přívod pilotního signálu do logického ventilu AND, byly zvoleny dva monostabilní rozvaděče 3/2 s tlačítky typ VM1000-4NU-32R, normálně uzavřené, s přívodem vzduchu z boku, rozsah pracovního tlaku  $(0 \div 0,8) \text{ MPa}$ , požadován stlačený vzduch filtrovaný na velikost částic  $5\mu\text{m}$ , bez nutnosti mazání, teplota média a okolí  $(-5 \div 60)^\circ\text{C}$ , hmotnost 6g. Pro vstup a výstup stlačeného vzduchu do rozvaděče je doporučena hadice s typovým označením TU0425 o vnějším průměru hadice  $D_H = 4\text{mm}$ . [8]

Pro funkci odvětrávacího ventilu byl zvolen bistabilní rozvaděč 3/2 normálně otevřený, ovládaný pomocí červeného točítka s přívody stlačeného vzduchu ze spodu, s typovým označením EVM130-F01-34R, rozsah pracovního tlaku od  $-100\text{kPa} \div 1\text{MPa}$ , stlačený vzduch filtrovaný na velikost částic  $5\mu\text{m}$  bez nutnosti mazání, hmotnost 95g. Připojení vývodů pomocí vnitřních závitů  $M5 \times 0,8$ . [8]

### **Logický ventil AND**

Pro zajištění bezpečnosti práce byl vybrán logický ventil AND typ VR1211F-04, pracující v rozsahu tlaků  $(0,05 \div 1) \text{ MPa}$ , teplota média a okolí  $(-5 \div 60)^\circ\text{C}$ , použitelný materiál hadic: nylon, měkkčený nylon, polyuretan. Hmotnost 30,4g. Připojení pro vnější průměr hadice  $D_H = 4\text{mm}$ . [8]

### **Rychloodvětrávací ventil**

Vybral jsem rychloodvětrávací ventil s nástrčnými spojkami a vestavěným tlumičem hluku model AQ240F-04-00, pracující v rozsahu tlaků  $(0,1 \div 1) \text{ MPa}$ , při teplotě média a okolí  $(-5 \div 60)^\circ\text{C}$ , hmotnost 5g, použitelný materiál hadic: nylon, měkkčený nylon, polyuretan. Připojení pro vnější průměr hadice  $D_H = 4\text{mm}$ . [8]

### **Modulární jednotka pro úpravu stlačeného vzduchu**

Vybral jsem stavebnicovou kombinaci, ve které, je filtr s odlučovačem kondenzátu zapojen spolu s regulátorem tlaku, s vestavěným manometrem do točítka. Tento typ nese označení AWG20-F01G1H. Rozsah regulovaných tlaků  $(0,05 \div 0,85) \text{ MPa}$ , při teplotě média a okolí  $(-5 \div 60)^\circ\text{C}$ , filtr čistí vzduch na efektivní jmenovitou hodnotu velikosti částic  $5\mu\text{m}$ , hmotnost  $0,31 \text{ kg}$ , Připojení realizováno vnitřním závitem G1/8. [8]

### **Nástrčné spojky**

Pro spojení úchopné hlavice a rychloodvětrávacího ventilu volím přímou spojku s vnějším šestihranem KQ2H04-M5, tento typ spojky je v obvodu použit ještě čtyřikrát, spojka pracuje v rozsahu provozních tlaků  $-100 \text{ kPa} \div 1 \text{ MPa}$ , při teplotě média a okolí  $(-5 \div 60)^\circ\text{C}$ , hmotnost  $2,4 \text{ g}$ , připojení s vnějším závitem  $M5 \times 0,8$ , pro vnější průměr hadice  $D_H = 4 \text{ mm}$ . [8]

Dále byla vybrána přímá spojka s vnějším šestihranem KQ2H04-01S, rozsah pracovních tlaků  $-100 \text{ kPa} \div 1 \text{ MPa}$ , při teplotě média a okolí  $(-5 \div 60)^\circ\text{C}$ , hmotnost  $9 \text{ g}$ , připojení s vnějším závitem G1/8, pro vnější průměr hadice  $D_H = 4 \text{ mm}$ . [8]

Pro spojení modulární jednotky pro úpravu stlačeného vzduchu s tlačítkovými rozvaděči bylo použito úhlové spojky otočné o  $360^\circ$  se třemi vývody a závitem KQ2VT04-01S, rozsah pracovních tlaků  $-100 \text{ kPa} \div 1 \text{ MPa}$ , pracuje při teplotě média a okolí  $(-5 \div 60)^\circ\text{C}$ , hmotnost  $29 \text{ g}$ , použitelný materiál hadic: nylon, měkčený nylon, polyuretan, připojení s vnějším závitem G1/8, pro vnější použitelný průměr hadice  $D_H = 4 \text{ mm}$ . [8]

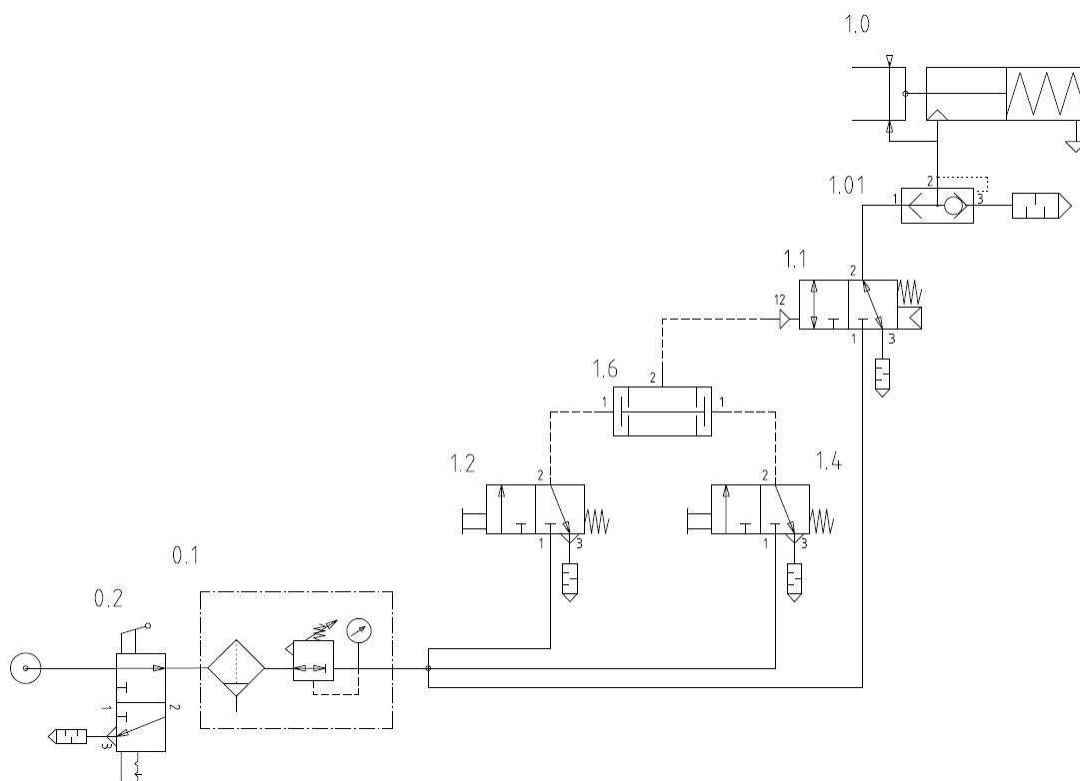
### **Hadice**

Pro spojení všech prvků v pneumatickém obvodu, byla vybrána polyuretanová hadice typ TU0425 BU-20, minimální poloměr ohybu  $10 \text{ mm}$ , maximální provozní tlak  $0,8 \text{ MPa}$ , rozsah provozních teplot  $(-20 \div 60)^\circ\text{C}$ , délka hadice ve svitku  $20 \text{ m}$ . Vnější průměr hadice  $D_H = 4 \text{ mm}$ , vnitřní průměr hadice  $d_H = 2,5 \text{ mm}$ . [8]

### **Tlumič hluku**

Pro rozvaděč SYJA512-M5 byl vybrán tlumič hluku se závitem typ AN120-M5, maximální provozní tlak  $1 \text{ MPa}$ , rozsah provozních teplot  $(5 \div 60)^\circ\text{C}$ , hmotnost  $4 \text{ g}$ , snížení hlučnosti  $> 18 \text{ dB}$ , připojovací závit  $M5 \times 0,8$ . [8]

## 5.1 Popis funkce pneumatického obvodu



Obr. 24 – Schéma pneumatického obvodu

### Legenda k označení pneumatického obvodu:

- **1.0** – jednočinná úchopná paralelní hlavice, typ MHZ2 – 40S
- **1.1** – pneumaticky ovládaný monostabilní rozvaděč 3/2, typ SYJA512-M5
- **1.6** – logický ventil AND, typ VR1211F-04
- **1.2;1.4** – monostabilní rozvaděče 3/2 ovládané tlačítkem, typ VM1000-4NU-32R
- **1.01** – rychloodvzdušňovací ventil s vestavěným tlumičem hluku, typ AQ240F-04-00
- **0.1** – modulární jednotka pro úpravu stlačeného vzduchu, typ AWG20-F01G1H
- **0.2** – bistabilní rozvaděč 3/2 ovládaný točátkem, typ EVM130-F01-34R

Jak je možno vidět na Obr. 24, bylo z bezpečnostních důvodů použito v obvodu nepřímého řízení pomocí logické funkce AND, realizované dvojtlačkým ventilem 1.6. Takže teprve po zmáčknutí obou tlačítek na rozvaděčích 1.2 a 1.4 a po jejich přestavení z výchozí polohy do polohy pracovní, se přivede řídicí signál na dvojtlačký ventil 1.6, který umožňuje, aby došlo k přestavení pneumaticky ovládaného rozvaděče 1.1. Po přestavení rozvaděče 1.1 do pracovní polohy, je pracovní tlak přiveden přes rychloodvzdušňovací ventil 1.01 na píst jednočinné pneumatické paralelní hlavice 1.0, který přetlačí pružinu a uvede souběžně čelisti se stříhadly do pohybu. Po vykonání stříhu, je píst opět pružinou

zatlačen do původní polohy a vzduch proudí přes rychloodvzdušňovací ventil s vestavěným tlumičem 1.01 volně do atmosféry. Celý obvod je možné úplně odvzdušnit přestavením bistabilního rozvaděče 0.2 pomocí točítka, který funguje v obvodu, jako odvzdušňovací ventil.

## **6. Pokyny pro provozování a údržbu pneumatického systému**

### **6.1 Základní pokyny pro montáž, provoz a údržbu pneumatických systémů**

Spolehlivé fungování pneumatického obvodu zajišťuje, jednak správně provedená montáž pneumatických prvků do obvodu, a také dodržování provozních pokynů. Montáž pneumatického obvodu je prováděna podle projektových schémat, a měli by ji realizovat osoby proškolené, mající potřebné znalosti a zkušenosti, tak, aby vybrali z dodávky pneumatických prvků správný typ a požadovanou velikost. [10]

Před vlastní montáží prvku, musí být nezbytně zabráněno vniknutí nečistot do něj, proto je nutné, po odstranění zaslepení vstupních a výstupních otvorů, spojovací vedení řádně profouknout stlačeným vzduchem a prvek ihned namontovat. Samotné pneumatické prvky mají být uchyceny takovým způsobem, aby byl umožněn snadný přístup k řídicím a regulačním prvkům, k snadnému zapojení elektrických přívodů, jestliže jsou součástí vybavení některého prvku. Je-li pneumatický mechanismus připojen na rozvod stlačeného vzduchu, pak je možno jej po kontrole těsnosti spojů mezi jednotlivými prvky a kontrole případných přípojů elektrického ovládání, okamžitě uvést do provozu. Je doporučováno, aby byl pro údržbu zajištěn dobrý přístup k prvku, v případě jeho poruchy, a jeho následné výměny. Pro provozuschopnost pneumatického mechanismu je nutné rovněž zajistit kontrolu pojistných zařízení, odstraňování nečistot usazovaných na povrchu prvků a vedení, výměnu filtračních vložek a odpouštění kondenzátu. Údržbu pneumatického systému, stejně jako demontáž a zpětnou montáž jeho prvků smí vykonávat pouze kvalifikovaná osoba. Předpoklad je ten, že žádný prvek nesmí být opravován a rozebírán, ale nahrazen originálním prvkem, pokud možno od stejného výrobce. Zpřesňující pokyny pro provoz a údržbu i s příslušnými hodnotami parametrů jsou součástí provozní dokumentace od dodavatelů prvků. [10]

## 6.2 Bezpečnostní předpisy pro práci se stlačeným vzduchem

Osoba, která navrhla řešení pneumatického obvodu, tedy schéma zapojení a specifikaci prvků, je zodpovědná i za vhodnost a slučitelnost vybraných pneumatických prvků. Jestliže stroj nebo zařízení nesplňuje ustanovení směrnice Evropského společenství 91/368/EEG, nesmí být uvedeno do provozu. Stroje a zařízení s pneumatickými pohony smí obsluhovat pouze osoby, které prošly příslušným školením. Údržbu na pneumatických strojích a zařízeních, případně demontáž poškozeného pneumatického prvku je možno provést až po splnění následujících směrnic pro bezpečnou práci: Kontrola a údržba strojů a zařízení, smí být provedena až po ověření, že je stroj nebo zařízení zajištěno v základní poloze. Mají-li být některé prvky obvodu demontovány, je nutno uzavřít přívod vzduchu do systému a rozvod úplně odvzdušnit. [8]

## 6.3 Bezpečnostní podmínky pro úchopné hlavice

Úchopné hlavice nesmí být používány v prostředí s teplotou vyšší než 60°C. Velké rychlosti pohybu čelistí při upínání snižují předpokládanou životnost úchopných hlavic. Výrobce doporučuje použití co nejkratších a nejlehčích nástavců čelistí, aby také hodnoty kinetické energie a momentů, které působí na vedení čelistí, byly co nejnižší. Tímto způsobem se životnost úchopné hlavice prodlouží. Při montáži nástavců na čelisti, viz Obr. 25 dle [8], je nutné dbát na to, aby momenty při dotahování upevňovacích šroubů, nebyly přenášeny na vedení čelistí. [8]



Obr. 25 – Montáž nástavců na čelisti úchopné hlavice



Pro vybraný typ MHZ2 – 40S, který je opatřen dírami se závity M8x1,25 činí hodnota maximálního utahovacího momentu  $M_U = 11,8 \text{ Nm}$ . Příliš velká hodnota utahovacího momentu šroubů nad hodnotu doporučenou výrobcem, může způsobit vyhnutí čelistí mimo osu, nebo poškození vedení. Zatímco jeho nízká hodnota, může způsobit uvolnění nástavců, a takto zpravidla dochází, ke změně polohy bodu uchopení, což vede ke špatné funkci hlavice. Při montáži nástavců na čelisti do nich neklepejte, a dbejte, abyste při montáži jakýmkoliv způsobem, nepoškodily jejich vedení. Nepatrná deformace může způsobit nepřesnost upínání nebo špatnou funkci hlavice. Používejte krytu nebo jiné ochranné pomůcky v provozech, u nichž se předpokládá, že v nich bude hlavice vystavena působení většího množství prachu, nebo působení řezného oleje. Mazání vedení čelistí hlavice není nutné, výrobce již dodává vedení namazáno. Pakliže jsou důvody k dalšímu mazání, používejte výhradně turbínový olej s označením ISO VG32 a mažte pravidelně. Jestliže bylo mazání započato, je třeba v něm pokračovat po celou dobu provozu hlavice. Špatná funkce hlavice (zadrhávání čelistí o vedení) může být též způsobena spotřebováním původního maziva. [8]

Ukázka několika druhů ochranných manžet z různých materiálů pro různá výrobní prostředí dle [7]:

- chloroprenový kaučuk pro prašné prostředí
- silikonový kaučuk pro použití v potravinářském průmyslu
- fluorizovaný kaučuk jako ochrana proti řezným olejům, chladicí vodě

## 6.4 Provozní podmínky pro ventily

### Tlakové hadice

Provozní předpisy fa SMC doporučují používat hadic o vnitřní světlosti větší, nebo shodné se světlostí použitého ventilu. K zamezení vniknutí nečistot do ventilu, je zapotřebí přívodní hadice před montáží na ventil důkladně profouknout, jak na straně přívodu do ventilu, tak i na straně výstupů z něj, pomocí stlačeného vzduchu. Poloměr ohybu hadic musí odpovídat doporučenému minimálnímu poloměru, nebo být větší. Těsnící pasty a tekuté těsnící přípravky nesmějí být nikdy aplikovány na vnitřní závity. Z hlediska bezpečnosti provozu je třeba rozvod vzduchu řešit takovým způsobem, aby bylo možno jej bez problémů smontovat a demontovat. [8]

## **Poloha instalovaného ventilu**

Monostabilní ventily mohou být zabudovány v libovolné poloze. Používá-li se přimazávaný vzduch, je doporučeno, aby osa ventilu byla ve vodorovné poloze. Má-li být osa ve svislé poloze, pak je doporučována montáž s ovládacím 3/2 ventilem nahoře. [8]

## **Prostředí provozu**

Mají-li být ventily instalovány do prostředí, ve kterém na ně mohou působit agresivní plyny, kapaliny, chemické roztoky, pára, mořská voda, nebo teploty vyšší než 60°C, je nezbytné jejich použití projednat předem s technickým oddělením SMC. Jestliže by měli ventily pracovat v prostředí s teplotou blížící se nule, či nižší, potom je nutné, aby rosný bod použitého stlačeného vzduchu byl o 5°C nižší, než je nejnižší teplota prostředí. Nekvalitní stlačený vzduch, tedy vzduch, který obsahuje velké množství kondenzátu a mechanických nečistot, obvykle zvyšuje statické i dynamické tření pohyblivých částí ventilu, které způsobuje opotřebení, díky němuž se podstatně snižuje životnost ventilu. K vyloučení těchto nežádoucích vlivů je nutné do přívodu stlačeného vzduchu ke stroji či, před jednotlivé prvky instalovat filtry. Filtry zbavují stlačený vzduch nečistot, oleje a kondenzátu, dle požadavků na kvalitu stlačeného vzduchu, které jsou uváděny v katalogu příslušného prvku. Není-li stanoveno jinak, vzduch musí být filtrován na maximální velikost tuhých částic 5 $\mu$ m. Ventily mají náplň maziv, jež vystačuje na celou dobu jejich životnosti, proto je možné stlačený vzduch nepřimazávat. [8]

## **6.5 Provozní podmínky pro použití nástrčných spojek a hadic**

Závit nástrčných spojek, je v délce určené pro těsnění opatřený teflonovým povlakem. Takto je zaručeno, že na závitě není přebytečný těsnicí materiál, jež by mohl být ze závitě vytlačen a způsobit znečištění rozvodu. Potřebné momenty pro dotažení nástrčných spojek jsou uvedeny na Obr. 26 dle [8], obsahující jejich tabulku pro jednotlivé velikosti závitů. Pro urychlení montáže, je doporučováno, aby byla nástrčná spojka namontována ručně do závitě a poté dotažena odpovídajícím maticovým klíčem o dvě až tři otáčky.

Závít	Moment dotažení [Nm]
R $1/8$	7–9
R $1/4$	12–14
R $3/8$	22–24
R $1/2$	28–30

**Obr. 26 – Tabulka doporučených momentů dotažení nástrčných spojek**

Při dotažení nástrčné spojky s teflonovým povlakem, příliš velkým momentem, hrozí vytlačení většího množství těsnícího povlaku. Nástrčné spojky lze běžně použít několikrát. Před opakovaným použitím je nutné odstranit uvolněný materiál těsnícího povlaku. Pokud povlak závitů nástrčné spojky netěsní, je třeba poškozený teflonový povlak nahradit teflonovou páskou. Namontovaná nástrčná spojka nemá být bezdůvodně uvolňována, z důvodu snížení těsnosti závitového spoje. Nástrčné spojky s teflonovým povlakem nesmí být skladovány při teplotě vyšší než  $40^{\circ}\text{C}$  a nesmí být vystaveny přímému působení slunečních paprsků. Při montáži hadic do nástrčných spojek, musí být plastová hadice uříznuta kolmo ke své ose, povrch hadic nesmí být poškozen. Výrobce doporučuje použít jím dodávané nůžky na hadice TK-1, či TK-3. Použití štípacích kleští, nůžek na plech a jiných nástrojů výrobce výslovně nedoporučuje. Hadice má být zasunuta do nástrčné spojky až na doraz. Správné nasazení hadice se zkontroluje jejím mírným povytažením. Má-li být hadice demontována, musí se uvolňující kroužek zatlačit na doraz, a poté je možno vytáhnout hadici z kleštiny, která brání jejímu vytažení. Při opakované montáži se může použít pouze nepoškozené hadice. [8]

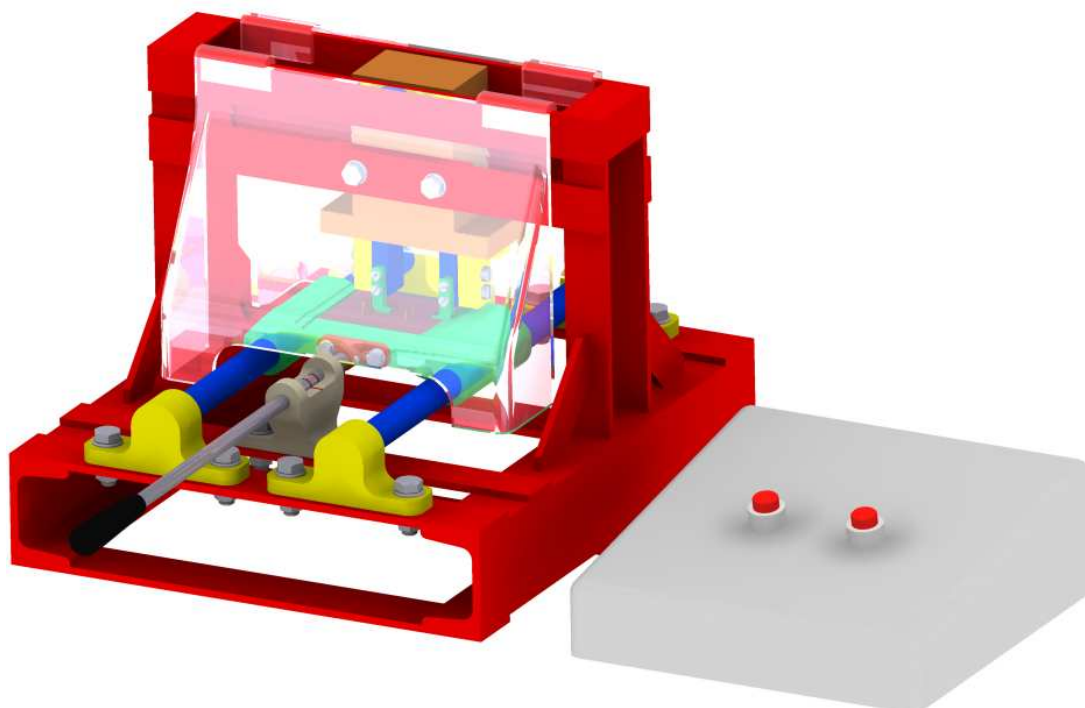
## 6.6 Ostření stříhadel

Jednoznačným ukazatelem ostrosti střížných hran je kvalita střížných ploch stříhaného drátu. V případě výskytu nekvalitních ploch, či větších otřepů, je nutno tyto hrany naostřit. Obecně se doporučuje, aby byly břity naostřeny, jakmile poměr zaoblení břitu  $r_B$  a průměr stříhaného materiálu  $d$  vzroste nad 5%. Pro můj případ by k ostření mělo dojít, jestliže zaoblení břitu dosáhne hodnoty  $r_B = 0,075\text{mm}$ . Je-li to možné, je lepší střížné hrany brousit na vertikálních bruskách hrncovými kotouči nebo brusnými segmenty. Při tomto druhu broušení se vyvíjí méně tepla, a to je odváděno do broušeného předmětu a okolí. [2]

## 7. Technický popis zvoleného řešení

Viz příložený výkres BP-JH-2010-00

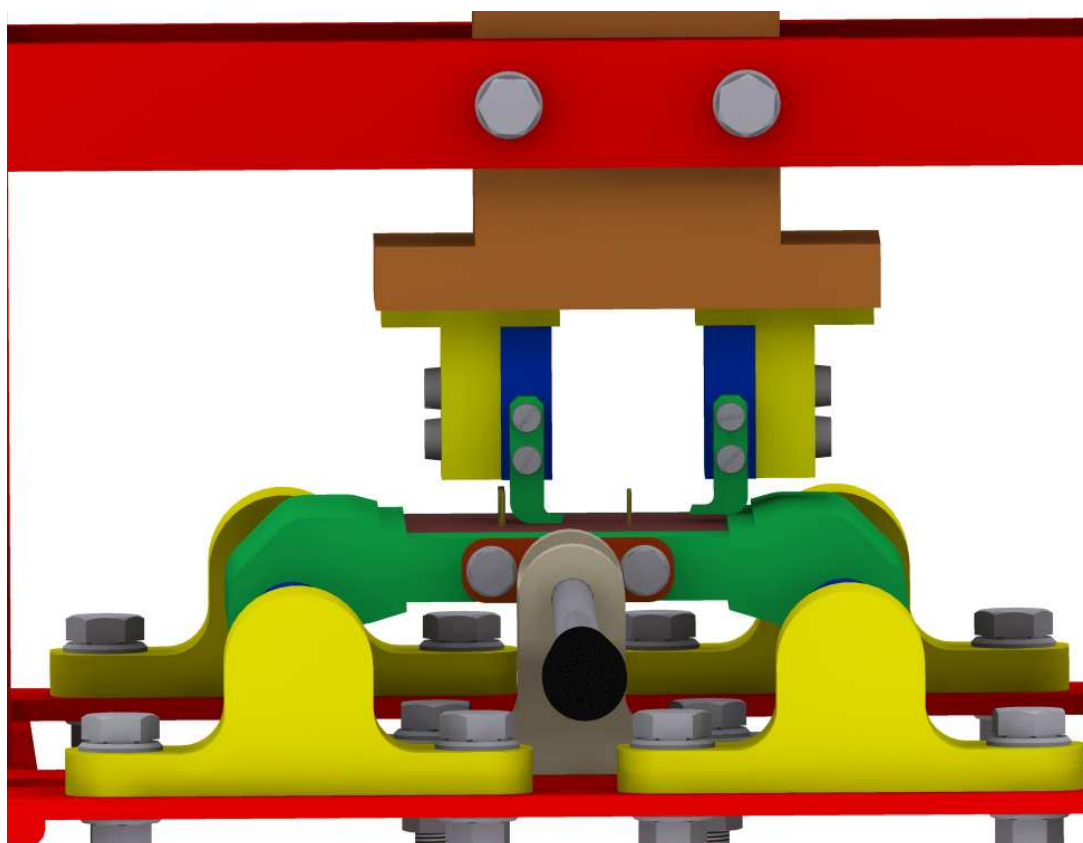
Při konstrukčním návrhu výsledného řešení pneumatického mechanismu na stříhání pinů elektronických součástí, které jsou osazeny do desky plošného spoje, jsem upřednostňoval co možná největší konstrukční, výrobní i montážní jednoduchost a spolehlivost, jak stříhacího přípravku, tak i navrženého pneumatického obvodu viz BP-JH-2010-13. Na čelisti vybrané úchopné hlavice s paralelním pohybem čelistí, jsou namontovány pomocí šroubů dva nástavce pro uchycení dvou mimoběžných stříhadel s rovnoběžnými břity, jak to zobrazuje Obr. 27.



**Obr. 27 stříhací přípravek a řídicí pult**

Stříhadla mají skloněné břity pod úhlem  $20^\circ$ . Každé stříhadlo je dvěma šrouby přichyceno k nástavci, tak, že jedno ze stříhadel je vysunuto před druhé o rozměr součtu tloušťky břitů a střížné mezery. Stříhadla jsou navíc spolu s nástavci uchycena na chapadlo, tak, že bod úchopu je vychýlen od osy chapadla. Tohoto vyosení je použito kvůli snadnému přístupu ke stříhadelům, jejich snadné kontrole a údržbě (ostření). Celé chapadlo z již výše zmíněnými komponentami je vertikálně upevněno na rám, který je tvořen z normalizovaných hutních profilů. Na tomto svařenci jsou dále upevněny čtyři úchyty, do kterých jsou vsunuty dvě ocelové pojezdové tyče, které tvoří vedení jezdce. V jezdci je vyfrézovaná drážka obdélníkového profilu, do které se vsunuje deska tištěného spoje s piny a ta je ještě přitlačována gumovou krytkou. Pomocí táhla je možno jezdcem

pohybovat po vedení dopředu a dozadu, tak, aby se piny čnící z desky dostaly mezi břity stříhadel a mohly být ustřiženy. Táhl je spojeno s jezdcem pomocí spojky a kolíku. Pozice pinů je vyznačena červenými kroužky na táhle a kontrolní červenou ryskou na opěrci táhla. Obsluha může jednoduše opticky zkontrolovat správnou pozici každého pinu, jakmile se kroužek a ryska dostanou do jedné roviny. Stejné horizontální rozteče mezi piny, umožňují rozdělit stříhání do dvou operací a to tak, že se nejprve postupně odstřihne např. řada s piny o  $d_{S1}$ , poté se destička vysune a otočí o  $180^\circ$  a odstřihne se řada s piny o  $d_{S2}$ . Součástí, která není pevně spojena se stříhacím přípravkem je řídicí pult s dvouručním ovládáním, který obsluze zaměstnává během stříhání obě ruce. V něm jsou uloženy všechny prvky pneumatického obvodu, vyjma rychloodvětrávacího ventilu, který je připevněn na chapadle. Řídicí pult je možno položit vedle stříhacího přípravku a je spojen dvěma vývody se zdrojem stlačeného vzduchu a s úchopnou hlavicí polyuretanovými hadicemi, které jsou zasunuty do nástrčných spojek. Na horní části rámu jsou zavěšeny dva bezpečnostní plexisklové kryty, chránící obsluhu a její bezprostřední okolí. Na Obr. 28 je možno vidět detail stříhacího přípravku s odňatými kryty a s rozevřenými čelistmi.



**Obr. 28 – Detail stříhacího přípravku**

## 8. Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo navržení pneumatického mechanismu pro stříhání pinů součástek osazených do desky plošných spojů. Bakalářská práce obsahuje jednak prezentaci dvou jednočinných úchopných hlavíc a to od firem SMC a Festo a pak také návrhy čtyř použitelných profilů mimoběžných stříhadel. Z hlediska nejoptimálnějších pracovních, konstrukčních a provozních parametrů, jsem k finálnímu řešení vybral jednočinné chapadlo fa SMC typ MHZ2-40S a mimoběžná stříhadla s rovnoběžnými břity. Dále jsou uvedeny nezbytné konstrukční výpočty pro návrh chapadla, dimenzování stříhadel a jejich šroubového spoje s nástavci. Další kapitoly jsou věnovány návrhu pneumatického obvodu a specifikaci pneumatických prvků. Jelikož použité dvouruční ovládání pomocí dvou rozvaděčů a logického ventilu AND není z hlediska bezpečnosti práce dostačující, muselo by dojít k jeho nahrazení prvkem s dvouručním ovládáním VR51 od fy SMC, který splňuje podmínky normy EN574. Celá konstrukce stříhacího přípravku i s řídicím pultem je uvedena v příloze na dispozičním výkrese BP-JH-2010-00. V závěru práce uvádím technický popis zařízení a pokyny pro provozování a údržbu pneumatického mechanismu.

## 9. Seznam použitých zdrojů

- [1] NOVOTNÝ, Josef; LANGER, Zdeněk. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vydání. Praha: SNTL, 1980. 213 s. 04-234-80.
- [2] BOBČÍK, Ladislav. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. 1. vydání. Praha: SNTL, 1983. 216 s. 04-229-83.
- [3] BAREŠ, Karel, et al. *Lisování*. 1. vydání. Praha: SNTL, 1971. 544 s. 04-234-71.
- [4] BŘEZINA, Richard; ČADA, Radek. *Speciální technologie*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1992. 257 s. ISBN 80-7078-122.
- [5] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. 1.vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 91 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [6] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky: Pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4. doplněné vydání. Úvaly: Albra, 2008. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7, 250-700.
- [7] SMC Industrial automation CZ. *SMC training: stlačený vzduch a jeho využití*. 2.vydání. Brno: SMC Industrial automation CZ, 2006. 344 s. Dostupné z WWW: <<http://2009.oc.smc-cee.com/cz/subcatalog.asp?catalog=795&subcatalog=801>>.
- [8] *SMC Best in automation 2009* [online]. Brno: SMC Industrial automation CZ, 2009 [cit. 2010-04-10]. Dostupné z WWW: <[smc.cz](http://smc.cz)>.
- [9] *Festo Czech Republic* [online]. 2004-04-29 [cit. 2010-04-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.festo.com>>.
- [10] KOPÁČEK, Jaroslav; ŽÁČEK, Miloslav. *Pneumatická zařízení strojů*. 1. vydání. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2003. 94 s. ISBN 80-248-0442-5.
- [11] KOPÁČEK, Jaroslav. *Pneumatické mechanismy Díl I. : Pneumatické prvky a systémy*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1996. 267 s. ISBN 80-7078-306-0.

## **10. Seznam příloh**

### **Příloha č. 1:**

BP-JH-2010-00 – stříhací přípravek – dispoziční výkres

### **Příloha č. 2:**

BP-JH-2010-100 – kusovník

### **Příloha č. 3:**

BP-JH-2010-100 – kusovník

### **Příloha č. 4:**

BP-JH-2010-10 – nástavec - výrobní výkres

### **Příloha č. 5:**

BP-JH-2010-11 - stříhadlo 1 - výrobní výkres

### **Příloha č. 6:**

BP-JH-2010-12 - stříhadlo 2 – výrobní výkres

### **Příloha č. 7:**

BP-JH-2010-13 – schéma pneumatického obvodu pro stříhání pinů součástek

### **Příloha č. 8:**

CD nosič – obsahuje bakalářskou práci včetně příloh